

THESIS

MUNICH

1966

TOPOGRAPHISCHE MESSUNG
DER INSENSIBLEN HAUTWASSERABGABE
UND IHRE ABHÄNGIGKEIT
VON VERSCHIEDENEN EINFLÜSSEN

Kurt Angele

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.

AUS DEM BALNEOLOGISCHEN INSTITUT BEI DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
- MEDIZINISCHE UND KLIMATOLOGISCHE ABTEILUNG -

Vorstand: Prof. Dr. H. v. Braunbehrens

TOPOGRAPHISCHE MESSUNG .
DER INSENSIBLEN HAUTWASSERABGABE
UND IHRE ABHÄNGIGKEIT
VON VERSCHIEDENEN EINFLÜSSEN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Kurt A n g e l e
aus Laupheim

München 1966

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Referent: Prof. Dr. H. v. BRAUNBEHRENS
Dekan: Prof. Dr. M. KIESE

Tag der mündlichen Prüfung: 20.12.1966

GLIEDERUNG

A) EINLEITUNG:	5
B) LITERATUR:	
1.) Messungen der HWA	6
a) verschiedene Methoden	
b) verschiedene Ziele	
2.) Frage nach dem Vorhandensein einer HWA unabhängig von der Schweißdrüsentätigkeit	6
a) Tierversuche (Hund, Kaninchen)	
b) Schweißdrüsenlose Menschen	
c) Messungen der HWA an Fuß- und Fingernägeln	
d) Verschiedene Methoden zur Ausschaltung der Schweißdrüsentätigkeit	
e) Mengenverhältnis von sensibler und insensibler HWA	
f) Mengenverhältnis von insensibler HWA (glandulär bzw. extraglandulär)	
g) Definiton der HWA	
3.) Äußere Faktoren, die die HWA beeinflussen:	7
a) Raumtemperatur	
b) relative Luftfeuchtigkeit	
c) Luftbewegung	
d) Luftdruck	
e) jahreszeitliche Schwankungen	
4.) Innere Faktoren, die die HWA beeinflussen:	8
a) Beschaffenheit der Hautoberfläche	
(Behaarung, Epidermisdicke, Dicke des stratum corneum, Dicke des stratum conjunctum)	
b) Gehalt der Haut an wasser- und lipoidlöslichen Substanzen	
c) Hauttemperatur	
d) Hautdurchblutung	
e) Schweißdrüsen	
f) Talgdrüsen (Fettfilm der Hautoberfläche)	

C) METHODIK:	13
Beschreibung der Apparatur	
1.) Meßinstrumente	
2.) Versuchsanordnung mit Schaltschema	
3.) Versuchspersonen	
4.) Versuchsbedingungen	
5.) Umrechnung der Meßergebnisse	
D) ERGEBNISSE:	19
1.) Meßergebnisse	
2.) Prüfung verschiedener Einflüsse	
E) DISKUSSION UND BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE	33
F) ZUSAMMENFASSUNG	40
G) LITERATURVERZEICHNIS	41

A) EINLEITUNG:

Als wichtigste Funktion des Hautorgans betrachtet Szakall (1) die Schaffung einer Grenzfläche, die geeignet ist, den Körper an die Umweltbedingungen anzupassen.

Aus dieser Definition von Szakall lassen sich sämtliche Aufgaben der Haut ableiten. Sie bestehen 1.) in einer Schutzfunktion, nicht nur gegen mechanische, physikalische, chemische Einwirkungen, sondern auch gegen eindringende Keime, und 2.) in einer regulatorischen Funktion, die für den Körper nicht weniger wichtig ist. Zu den regulatorischen Funktionen rechnet man in erster Linie den nicht unwesentlichen Anteil der Haut an dem Wärme- und Wasserhaushalt.

Einige Zahlen sollen diesen Einfluß veranschaulichen:

Es wird durch die Haut in 24 Stunden durchschnittlich 450 cm^3 Wasser abgegeben; das ist ungefähr $1/3$ der Harnmenge. Bei der Verdampfung von 1 l Wasser werden dem Körper 580 Kal. entzogen (2).

B) LITERATUR:

Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Methoden zur Messung der Hautwasserabgabe (HWA) beschrieben. Sie beruhen einerseits auf der indirekten Bestimmung (durch Körperwägung bei bekannter Einfuhr- und Ausfuhrbilanz unter Berücksichtigung der Atemluft) und andererseits auf der direkten Bestimmung. Bei dem letztgenannten Verfahren werden die abgegebenen Feuchtmengens an Ort und Stelle mit Hilfe von Baumwolltupfern (z. B. Weiner 3) oder mit Chemikalien (z. B. CaCl_2 Regelsberger 4) gesammelt und die Gewichtszunahme bestimmt.

Im Gegensatz zu diesen Methoden stehen die ventilierten Systeme, bei denen ein Luftstrom die Feuchtigkeit der Haut aufnimmt und der Messung zuführt. Zur Bestimmung verwendet Greuer und Peukert (5) einen Kristall, der in einem Stromkreis liegt und dessen Widerstandsänderung als Maß für die HWA

gilt (Schölmerich und Hildebrandt 6). Büttner (7) bestimmt den Feuchtegehalt des Luftstromes mit einem Haarhygrometer, und Betz (8) verwendet einen KBr-Kristall. Kuno (9) trocknet die Luft bevor sie über die Haut geleitet wird mit CaCl_2 oder P_2O_5 und bestimmt danach die Gewichtszunahme einer zweiten CaCl_2 -Säule.

Mit diesen Methoden wurden Messungen der HWA nach verschiedenen Gesichtspunkten mehr oder weniger genau durchgeführt.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit, interessieren vor allem die Versuche, die sich mit dem Mechanismus der HWA befassen. Um den Nachweis einer Wasserabgabe der Haut, unabhängig von der Schweißdrüsentätigkeit, zu erbringen, wurden mannigfache Anstrengungen gemacht.

Versuche an Kaninchen (Heide 10) und Hunden (Tennent 11, Kaufmann und Lütcke 12), die praktisch schweißdrüsenlos sind, ergaben eine HWA, die einem reinen Diffusionsprozeß gleichkommt und von regulatorischen Einflüssen unabhängig zu sein scheint.

Beobachtungen bei angeboren schweißdrüsenlosen Versuchspersonen (Loewy und Wechselmann 13) haben gezeigt, daß ein Wasserverlust der Haut besteht, der nicht mit der Schweißdrüsensekretion zusammenhängt. Mayer (14) vermutet, daß bei den schweißdrüsenlosen Individuen besondere Vorrichtungen getroffen sind, die nicht unbedingt auf Träger mit Schweißdrüsen zu übertragen sind. Um diesen Einwand zu widerlegen, führte Jacobi (15) Messungen an sicher schweißdrüsenfreien Körperregionen, nämlich Finger- und Fußnägel, durch. Es gelang ihm auf diese Weise, die Existenz einer von den Schweißdrüsen unabhängigen Perspiration sicher zu stellen.

Andere Autoren versuchen, die Schweißdrüsentätigkeit auszuschalten. Moog (16) erreichte mit Gaben von Atropin und durch Formalinpinselfungen, die zu einer teilweisen Verödung der Schweißdrüsenausführungsgänge führten, eine Senkung der HWA von 20 %. Mayer (17), der durch Atropininjektionen und Einreibungen mit Ammoniumchlorid eine Herabsetzung um 70 % erreichte, gibt ein Mengenverhältnis von sensibler zu insensibler HWA wie 3 : 1 an.

Da die Aufhebung der Schweißdrüsentätigkeit selbst unter massiven Atropindosen nicht absolut ist, wird das von Mayer aufgestellte Verhältnis nur bedingt richtig sein. Obgleich mit den Versuchen keine genaue Trennung der sekretorischen und der nichtsekretorischen Feuchtigkeitsabgabe erreicht wurde, zeigen die angeführten Befunde doch recht deutlich, daß eine HWA unabhängig von den Schweißdrüsen vorhanden ist.

Somit kann es als sicher gelten, daß sich die Wasserabgabe der Haut in eine sichtbare Schweißdrüsensekretion und in eine insensible Perspiration aufteilt. Diese insensible Perspiration setzt sich wahrscheinlich aus einer insensiblen Schweißdrüsensekretion und einer insensiblen Abgabe von Wasserdampf durch

das Hautepithel zusammen. Sie besteht also aus einem glandulären und extraglandulären Anteil (18, 19, 20, 21, 60). Thauer (22) spricht in diesem Zusammenhang von einer aktiven und einer passiven insensiblen HWA.

Äußere und innere Faktoren, die die HWA beeinflussen:

Wenn nun diese insensible HWA an verschiedenen Körperstellen gemessen werden soll, erweist sie sich als ein von vielen Faktoren abhängiger Vorgang mit beträchtlichen regionären Unterschieden. Aus diesem Grund möchte ich zuerst die Faktoren anführen, die auf die HWA einen Einfluß haben. Diese Einflüsse lassen sich 1.) in äußere- und 2.) in innere Faktoren aufteilen.

Mit dem ersten Punkt sind die Umweltbedingungen gemeint. Dazu gehören die Raumtemperatur, die relative Luftfeuchtigkeit, die Stärke der Luftbewegung, der Luftdruck und die jahreszeitlichen Schwankungen. Heerd und Oppermann (23) bestimmten den Diffusionswiderstand (R_H) der Haut. Es ergab sich bei ihren Messungen im Sommer $R_H = 1,7$ (Torr min $\text{cm}^2 \mu\text{g}^{-1}$) und im Winter ein Wert von $R_H = 2,75$ (Torr min $\text{cm}^2 \mu\text{g}^{-1}$). - Kuno (24) konnte zeigen, daß bei einer schnellen Erhöhung der Raumtemperatur auf 40°C im Sommer sofort Schwitzen eintritt, dagegen im Winter erst nach 20 Minuten. Welche Punkte für diese Beobachtung verantwortlich sind, werden von Kuno nicht näher erläutert. Vermutlich sind es jahreszeitlich bedingte Veränderungen innerer Faktoren der Haut.

Damit komme ich zum zweiten Punkt, den inneren Faktoren, die auf die HWA einen Einfluß haben.

Dabei denke ich zunächst an die Beschaffenheit der Hautoberfläche. Hier ist zu beachten, ob die einzelnen Regionen mehr oder minder behaart sind. Es hat sich gezeigt, daß die Barriere trichterförmige Einbuchtungen um die Haarschäfte und Wurzelscheiden bildet (1). An behaarten Stellen sind diese Einbuchtungen natürlich zahlreicher und führen so zu einer flächenmäßigen Vergrößerung der Barriere.

Neben der Behaarung ist die unterschiedliche Verhornung zu nennen. An stärker beanspruchten Stellen bildet der Körper als Schutz eine stärkere Hornschicht aus als an weniger stark beanspruchten Regionen.

So zeigten Messungen der Hornschicht, die Kligman (21) bei Erwachsenen an verschiedenen Körperstellen durchführte, Werte von 11 - 15 μ . Dicke. Damit verbunden stellten Winsor und Burch (56) fest, daß die Wasserdurchlässigkeit der viel dickeren Haut der Handfläche und Fußsohle größer war als die der Bauchhaut. Eine Erklärung für diese Beobachtung erbrachte Blank (55), indem

er zeigte, daß die Hornschicht der Handfläche in Bezug auf eine eingeschränkte Wasserabgabe, bei gleicher Dicke, nur 1/100 der Wirkung des stratum corneum des Bauches hat.

Moretti, Ellis (25 a, 25 b) und Ellis und Montagna (26) fanden bei Messungen der Epidermisdicke feine Unterschiede in den einzelnen Regionen; (Epidermis des Beines 27 μ ; der Scapularregion 35 μ).

Vermutlich spielt aber, nach der Ansicht von Marzulli (27), weder die Dicke der Epidermis, noch die des ganzen stratum corneum die Hauptrolle, sondern die unterschiedliche Diffusionsrate könnte allein auf verschiedene Dicken der Barriere-Schicht beruhen, da gleichdicke Schichten des stratum conjunctum von Fußsohle und Unterarm den gleichen Widerstand gegen eindringende Stoffe aufweisen. In ähnlicher Weise äußert sich auch Szakall (1).

Auch ist es vorstellbar, daß an stark verhornten Körperstellen, die HWA bevorzugt durch den glandulären Anteil bestritten wird (18). Hand in Hand mit der Hornstärke geht die Fähigkeit, Wasser zu speichern. Diese wasserspeichernde Fähigkeit schreibt Szakall vor allem den wasserlöslichen Substanzen in der Hornschicht zu (1), also nicht in erster Linie dem Lipoidgehalt. Die wasserlöslichen Hautsubstanzen sind stark hygroskopisch und für den Wassergehalt der Haut sehr bedeutsam. Es handelt sich dabei um ein Stoffgemisch freier Aminosäuren, Purinkörper, Hexosen, Pentosen, Harnstoff und deren Umwandlungsprodukte. Somit hat die Barriere, und in einem geringeren Maße das stratum disjunctum, die Fähigkeit, Wasser zu binden. Obgleich die Rolle der Lipide in der Regelung des Wasserhaushaltes weniger bestimmend zu sein scheint, sind sie jedoch unentbehrlich bei der Fixierung der wasserlöslichen Stoffe, indem sie mit diesen (nach Herrmann und Sulzberger 28) Emulsionen eingehen, die je nach der Beschaffenheit der Haut, vom Typus Wasser-in-Öl oder Öl-in-Wasser gebaut sind. So wird also die Beschaffenheit der Haut, ob rissig, rauh oder glatt, mit dem jeweiligen Wassergehalt in Zusammenhang gebracht. Das auf der Haut vorliegende Mengenverhältnis von Lipoiden zu wasserlöslichen Substanzen, wie 1 : 11, vermag diese Auffassung zu unterstützen (29).

Ein weiterer Punkt, der die HWA beeinflußt, ist die Hauttemperatur. Loewy, Wechselmann (13), Moog (30, 31), Schölmerich und Hildebrandt (18), sowie Webb, Garlington und Schwarz (32) behaupten immer wieder, daß der extraglanduläre Anteil der insensiblen HWA in völliger Abhängigkeit zur Hauttemperatur (HT) steht. Pfeleiderer und Büttner (33) nennen die HT eine Ausgleichsgröße, deren Höhe einerseits von der Wärmezufuhr vom Körperinnern zur Haut und andererseits von der gesamten Wärmeabgabe der Haut an die Umgebung abhängt.

Die Wärmezufuhr zur Haut ist auf dreierlei Wegen möglich:

1.) durch den in der Haut ablaufenden Stoffwechsel.

2.) als konduktive Zuleitung und

3.) als konvektive Wärmezufuhr, die durch den Blutstrom bedingt ist (18).

Auf der anderen Seite wird die HT neben der regulatorischen Wirkung der Wärmestrahlung (60 %), der Leitung und Konvektion (20 %) maßgeblich durch die HWA bestimmt (2). Ob man aus dem oben angeführten Befund, die HWA ist abhängig von der HT, diese wiederum von der Durchblutung, folgerichtig schließen darf, daß die HWA auch abhängig von der Durchblutung ist, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen. Betz (8) hat in seinen Versuchen jedoch keine Parallelen der HWA mit der aktuellen Durchblutungsgröße zeigen können. Auch unsere Experimente lassen den Rückschluß auf solche Zusammenhänge nicht zu.

An den Anfang meiner Ausführungen stellte ich die von vielen Autoren vertretene Auffassung, daß die insensible HWA aus einem glandulären und einem extraglandulären Anteil besteht. Folglich haben auch die Schweißdrüsen einen Anteil an der insensiblen HWA. Aus diesem Grund möchte ich einige Überlegungen über deren Art, Verteilung und Innervation, als auch deren Reaktion auf Reize anführen.

So unterscheidet Kuno (34) zwei Schweißdrüsentypen;

1.) Ekkrine Drüsen, die über die ganze Körperoberfläche verteilt sind und eine wässrige Flüssigkeit absondern. Von dieser Art soll es 2-3 Millionen geben. Legt man die Drüsen hintereinander, so würde man auf eine Strecke von 4 km kommen, und auf einen Haufen gelegt, würden sie nach Kuno der Größe einer halben Niere entsprechen.

2.) Apokrine Drüsen, die größer sind und in der Achselhöhle, um die Brustwarze und in der Schamgegend gefunden werden. Ihr Sekret zeigt einen charakteristischen Geruch. Bei dieser Aufteilung darf jedoch nicht übersehen werden, daß einerseits die unter 2.) angeführten Regionen auch von ekkrinen Drüsen durchsetzt sind, und andererseits diffuse apokrine Drüsenlager am ganzen Körper zu finden sind (36).

Ebbecke (35) räumt den ekkrinen Drüsen der palmoplantaren Region in funktioneller Hinsicht eine Sonderstellung ein, da diese Drüsen, wenn überhaupt, so nur unterstützend an der Regulierung des Wärmehaushalts beteiligt sind. Sie sollen ganz bevorzugt emotionellen Impulsen unterstehen. Dabei sind jedoch sicherlich auch (abgesehen von den Händen und Füßen) Regionen vorhanden, die stärker als andere auf emotionelle Reize ansprechen, z.B. die Stirn.

Die oben genannte Trennung der Schweißdrüsen nach Kuno in die beiden Gruppen beruht auch auf einem unterschiedlichen Sekretionsmechanismus. Bei den ekkrinen Drüsen bleiben die Drüsenzellen während der Sekretion erhalten, wohingegen bei den apokrinen Drüsen nur die Zellbasis mit dem Kern erhalten bleibt. Diese beiden Gruppen werden unter dem Begriff merokrine Drüsen zu-

sammengefaßt, und den Drüsen mit holokriner Sekretion -gesamte Drüsenzelle wird zu Sekret- gegenübergestellt.

An der Haut zeigen die Talgdrüsen, die in Verbindung mit den Haaren auftreten, eine solche holokrine Sekretion. Ihr Sekret bildet mit dem Zellfett der Epidermis einen Fettfilm auf der Hautoberfläche. In den meisten Regionen (Ausnahmen sind die Hände und Füße, die talgdrüsenfrei sind) stellen die Talgdrüsen mit 80-90 % den Hauptanteil (36). Wenn dieser Film auch nur eine untergeordnete Rolle bei der HWA spielt, so soll er nach Blank (55) die Barrierefunktion unterstützen, indem er den Wassergehalt der stratum corneum Zelle aufrechterhält.

Herrmann und Prose (37) zeigten, daß auch an den talgdrüsenfreien Regionen (Handfläche) Lipide vorhanden sind. Sie kommen, in Bestätigung der Versuche von Szakall, zu dem Schluß, daß die Lipide reine Zellfette darstellen und aus der Tiefe des stratum corneum herrühren und mit dem Schweiß an die Oberfläche geschleust werden. Untersuchungen von Herrmann und Mitarbeitern (28) zeigen, daß bemerkenswerte Unterschiede im Lipidgehalt der einzelnen Regionen vorhanden sind.

Nun muß aber noch berücksichtigt werden, daß die Schweißdrüsen an den einzelnen Körperstellen in verschiedener Dichte auftreten. Quantitative Untersuchungen wurden von Kuno (20), Weiner (3) und Herrmann (38) gemacht. Im großen und ganzen konnten sie einheitlich zeigen, daß die Körperoberfläche in Bezug auf die Schweißsekretion (sensible HWA) folgendermaßen zu gliedern ist:

- 1.) Stirn, Nacken, einige größere Flächen der Brust und des Rückens, die Lendengegend, der Handrücken und der daran anschließende Teil des Unterarmes sind die Teile mit der größten Schweißsekretion.
- 2.) Die Wange, die laterale Körperseite und der überwiegende Teil der Extremitäten zeigen eine bemerkenswert geringere Schweißsekretion als die unter 1.) angeführten Regionen.
- 3.) Die Innenfläche der Oberschenkel und die Achselhöhle schwitzen noch weniger.
- 4.) Die Handflächen und Fußsohlen sind die am wenigsten schwitzenden Regionen (20).

Bei dieser Aufstellung ist man etwas erstaunt über die niedrigen Werte, die in der Achselhöhle, an den Handflächen und den Fußsohlen gemessen wurden. Dies mag nach der Ansicht von Weiner (3) darauf beruhen, daß die Schweißdrüsen dieser Regionen mehr auf emotionelle, als auf Wärmereize ansprechen. Auffallend ist auch, daß in eben diesen drei Regionen männliche und weibliche Versuchspersonen die gleichen Werte zeigen, dagegen lagen die Werte der

männlichen Versuchspersonen in den restlichen Regionen über den Werten der weiblichen Versuchspersonen.

Bemerkenswert ist noch die Tatsache, daß bei Frauen die größte Schweißmenge nicht wie bei den Männern in der Schläfengegend, sondern in der Achselhöhle gefunden wurde. Möglicherweise hängt dieser Befund mit der Anzahl der apokrinen Drüsen zusammen, von denen Homma (39) bei Frauen, doppelt soviel wie bei Männern gefunden hat.

Welche Punkte für die unterschiedliche Schweißdrüsenabsonderung in den einzelnen Regionen, ganz abgesehen von denjenigen, die zu emotionellem oder apokrinem Schwitzen neigen, verantwortlich sind, versucht Weiner (3) mit zwei Vermutungen zu belegen. Die erste Möglichkeit sei, daß in gewissen Regionen größere Reserven an stillgelegten Drüsen vorhanden seien, und die zweite Möglichkeit, daß in einzelnen Regionen die Drüsen größer sind oder aus einem anderen Grund befähigt, stärker zu sezernieren.

In welchem Ausmaß die Schweißdrüsen nun in den einzelnen Regionen an der insensiblen HWA beteiligt sind ist nicht zu sagen. Nach einer Arbeitshypothese von Heerd und Ohara (19) sollen etwa 30 % der insensiblen HWA durch Sekretion bestritten werden. Der glanduläre Anteil wird von ihnen mit einer Ruhesekretion der ekkrinen Schweißdrüsen erklärt. Dabei soll das Sekret nicht in flüssiger Form die Hautoberfläche erreichen, sondern schon in tieferen Zelllagen verdunsten und so den eigentlichen Sekretionsvorgang verdecken.

Der Sinn dieser Übersicht war es zu zeigen, daß die menschliche Haut kein einheitliches Organ darstellt. So ist auch verständlich, daß bei der Auswertung der Meßergebnisse am ganzen Körper, auf die Konstanzhaltung der äußeren Faktoren und auf die, in den einzelnen topographischen Regionen unterschiedlich auftretenden inneren Faktoren, geachtet werden muß.

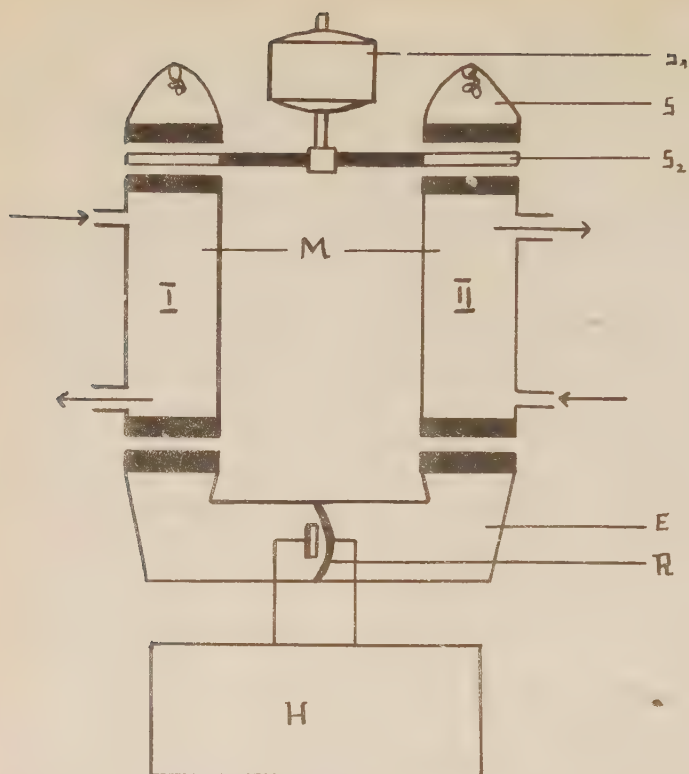


Abb. 1. URAS mit strömendem Vergleichsgas (schematisch)

- S₁ Motor
- S Strahler
- S₂ Blendenrad
- M Meßküvetten
- E Empfänger
- R Membrankondensator
- H Verstärker

C) METHODIK:

BESCHREIBUNG DER APPARATUR

Zur Bestimmung des abgegebenen Wasserdampfes wurde mit folgenden Meßinstrumenten gearbeitet:

1.) URAS (Ultrarot-Absorptions-Schreiber)

Nach der Anleitung von Hartmann und Braun (40) dient der URAS zur selektiven Messung einzelner Gaskomponenten und Dämpfe, die im infraroten Wellenbereich Strahlungsenergie absorbieren. Jedes Gas oder jeder Dampf (in diesem Fall Wasserdampf) haben spezifische Absorptionsbanden im Infrarotbereich.

Die Abbildung 1 auf Seite 12 zeigt ein Schema des URAS-Prinzips. Die Zeichnung wurde der Gebrauchsanweisung von Hartmann und Braun (40) entnommen.

Zwei elektrisch geheizte Drahtwendeln senden Strahlen, die durch je einen Parabolspiegel gebündelt werden, in die beiden Meßküvetten. Küvette I enthält das Meßgas und Küvette II das Vergleichsgas. Zur Vermeidung von Nullpunktswanderungen des Verstärkers werden die beiden Strahlengänge periodisch und gleichzeitig durch ein Blendenrad (S_2) unterbrochen.

Da, wie oben angeführt, verschiedene Stoffe im Infrarotbereich Strahlen absorbieren und zudem sich die Banden der einzelnen Komponenten überlappen, muß ein selektiver Empfänger (E) verwendet werden. Dieser Empfänger besteht aus zwei gleichgroßen, nach außen dicht abgeschlossenen Kammern, die durch eine Metallmembran voneinander getrennt sind. Die beiden Kammern des Empfängers sind mit Wasserdampf gefüllt, also mit der Meßkomponente.

Die in den Banden des Wasserdampfes periodisch absorbierte Strahlenenergie bewirkt periodische Temperatur- und Druckschwankungen in den beiden Kammern, deren Differenz Schwingungen der gespannten Membran hervorruft. Die Membran und eine feste, ihr gegenüberliegende Elektrode bilden zusammen den Membrankondensator (K), der über einen Widerstand an einer Gleichspannungsquelle liegt. Die durch die Membranschwingungen hervorgerufenen Kapazitätsschwingungen bewirken einen periodischen Ladestrom, der über einen Hochohmwiderstand eine Wechselspannung erzeugt; diese wird in einem Wechselstromverstärker (H) verstärkt, danach gleichgerichtet und über einen Vor-, Haupt- und Kompensationsverstärker auf einen Linienschreiber übertragen.

2.) Dreifachlinienschreiber:

Das erste der drei Schreibsysteme zeichnet die Dampfdruckdifferenz (entspricht der HWA) auf. Die beiden anderen Systeme dienen der Registrierung der HT; diese wird durch Temperaturfühler aufgenommen und über Kompensationsverstärker zum Registriergerät geleitet.

Eine Klimaanlage sorgt im Versuchsraum für eine gleichbleibende Temperatur von 24°C und eine relative Luftfeuchtigkeit von 60-70 %. Um geringfügige Schwankungen, die durch das Ein- und Ausschalten der Klimaanlage bedingt sind zu vermeiden, wird die Raumluft in einen Plastiksack aus Hostaphan gepumpt. Vor dem Eintritt in den Sack werden durch Glaswollefilter Verunreinigungen zurückgehalten um die Anlage sauber zu halten.

Um zuverlässig arbeiten zu können, wurde vor jedem Versuch eine Eichung der Apparatur vorgenommen. Dabei wurde zuerst der Nullpunkt eingestellt (Abb. 2).

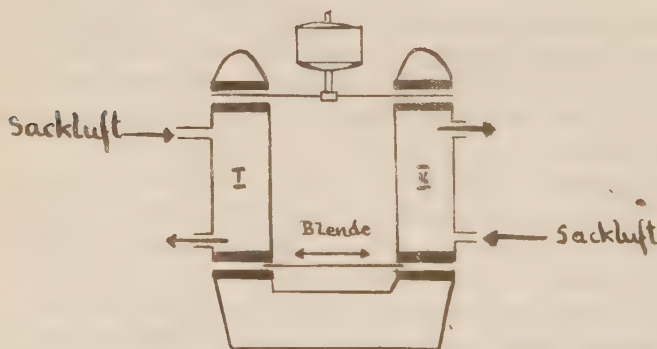


ABBILDUNG 2

Nullpunkteinstellung

Stellung S_1

Sackluft wird in Küvette I und II geleitet. Da der Feuchtegehalt der beiden Luftströme gleich ist, wird die Differenz Null sein. Die Einstellung erfolgt durch eine verschiebbliche Blende.

Nachdem der Nullpunkt einen konstanten Verlauf zeigt, wird der Endpunkt eingestellt (Abb. 3).

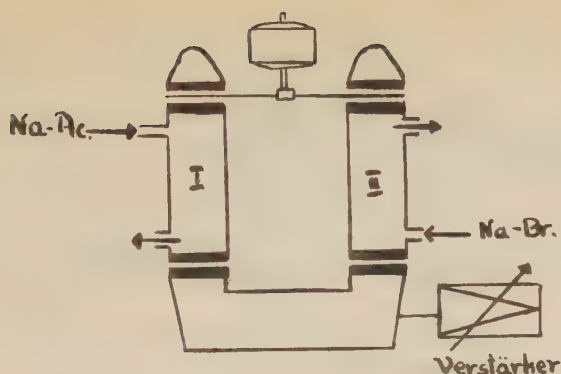


ABBILDUNG 3

Endpunktbestimmung

Stellung S_2

Dazu werden gesättigte Lösungen von Natrium-Acetat und Natrium-Bromid, die sich in einem Wasserbad mit einer Temperatur von 24°C befinden, verwendet. Bei dieser Temperatur stellt sich über Natrium-Acetat ein Sättigungsdampfdruck von 13,2 Torr und über Natrium-Bromid von 10,1 Torr ein. - Leitet man die Luft über Natrium-Acetat durch Küvette I und die über Natrium-Bromid durch Küvette II wird sich eine Dampfdruckdifferenz von 3,1 Torr ergeben. Stellt man den Endpunkt am Linienschreiber durch Regelung des Verstärkungsgrades auf 3,1 Torr, so entspricht ein Skalenteil gleich einem Torr.

Vor dem Versuchsbeginn wird schließlich noch ein dritter Kreislauf eingestellt, um den Feuchtegehalt der Versuchsluft zu bestimmen (Abb. 4).

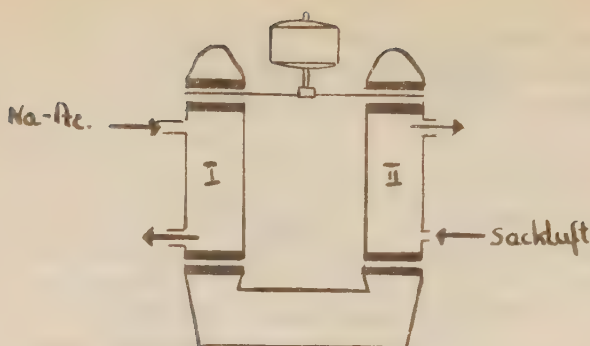


ABBILDUNG 4

Bestimmung des Feuchtegehaltes der Versuchsluft.

Stellung S_3 .

Zu diesem Zweck vergleicht man in den beiden Küvetten die Luft über Natrium-Acetat mit der Sackluft.

Abbildung 5 zeigt die Versuchsstellung.

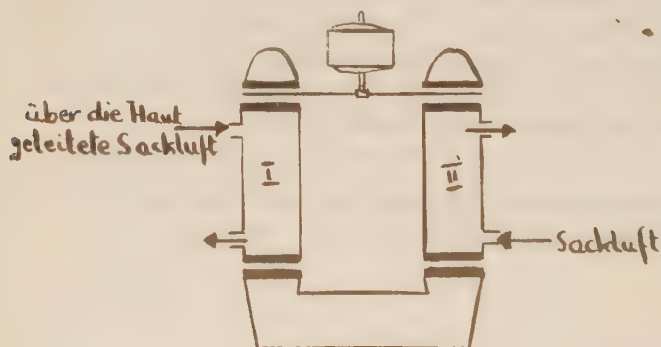


ABBILDUNG 5

Versuchsstellung

Stellung S_4 .

Hierbei wird Küvette II von Sackluft durchströmt und Küvette I wird mit Sackluft beschickt, die zuvor über die Haut geleitet wird und den Wasserdampf

der Region aufgenommen hat. Die Differenz, die am Linienschreiber fortlaufend aufgezeichnet wird, ist die HWA in Torr.

Um die Zirkulation in den vier Kreisläufen zu gewährleisten, sind Membranpumpen eingeschaltet. Mit Hilfe von Strömungsmessern wird die Strömungsgeschwindigkeit von 30 l/h laufend kontrolliert. Bei dieser Geschwindigkeit wird in den benutzten Haut-Meßkammern durch die insensible HWA eine Dampfdruckzunahme erreicht, die genau meßbar, aber doch prozentual gering genug ist, um die Feuchtebedingungen an der Hautoberfläche nicht allzusehr zu stören oder verändern.

Die Genauigkeit der Versuche wird zu einem großen Teil von einer sauberen d. h. von hygroskopischen Partikel und Oberflächenfilmen freien Anlage abhängen. Daher sollte die ganze Apparatur alle zwei bis drei Monate gesäubert werden.

Durch das Einbauen von Glaswollefiltern war es möglich, für die Zeit der Versuche, die Anlage frei von Verunreinigungen zu halten.

Eine ausführlichere Beschreibung der Meßmethode wurde von Fricke (58) gegeben. - Meine Arbeit stellt eine Weiterführung der Untersuchungen von Bundesmann (59) dar, der mit der gleichen Methode die Einflüsse von Waschmitteln auf die HWA prüfte.

Ein Übersichtsschema der ganzen Apparatur (Abb. 6; entworfen von Pratzel) zeigt die Anlage mit den vier oben beschriebenen Kreisläufen (siehe Seite 18).

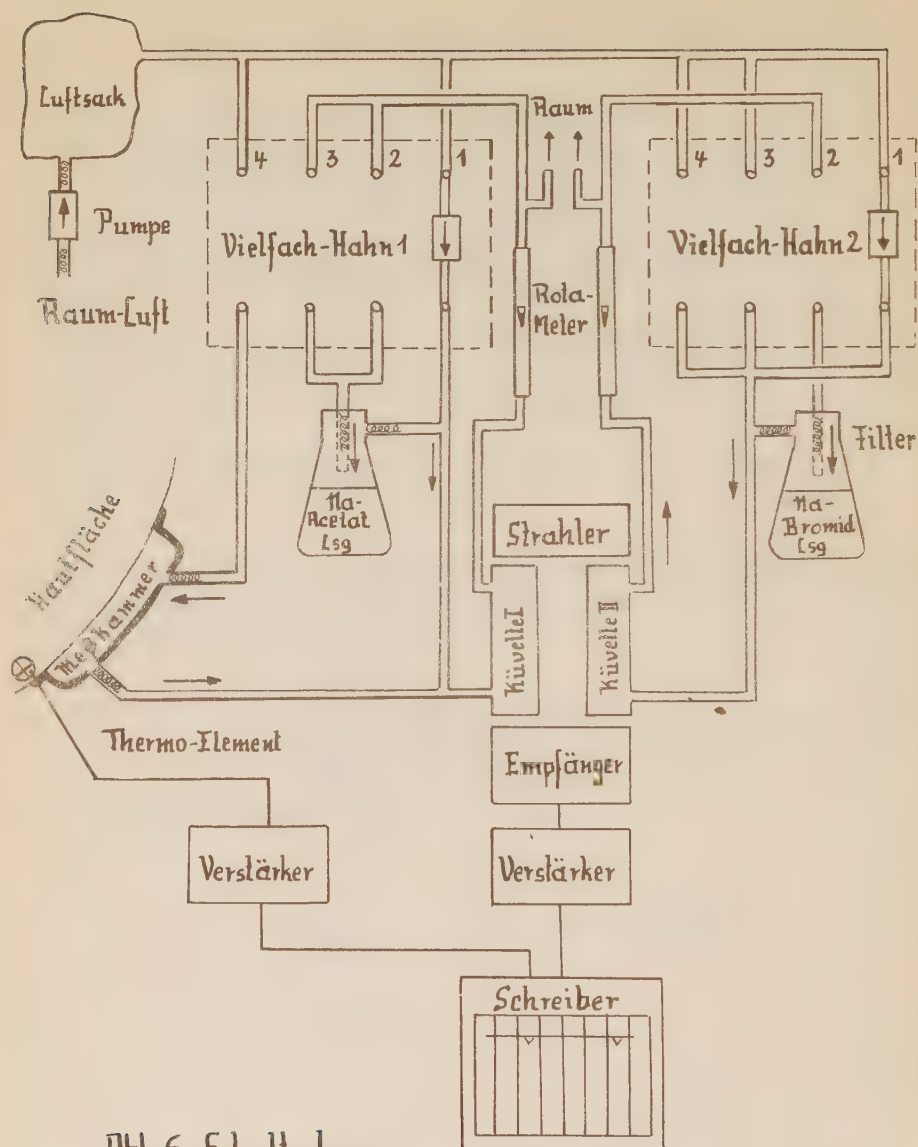


Abb.6. Schaltschema

D) EIGENE UNTERSUCHUNGEN

Es wurde der Versuch gemacht, durch Auflegen der Hautkammer an verschiedenen anatomischen Regionen der Körperoberfläche, die insensible HWA quantitativ zu messen, um den Anteil der einzelnen Gebiete an der insensiblen HWA zu bestimmen.

Die Messungen wurden an zwei weiblichen und vier männlichen Versuchspersonen durchgeführt. Ihr Alter lag zwischen 20 und 30 Jahren. Sie hatten während und mehrere Monate vor dem ersten Versuch keine Krankheit durchgemacht. Auch wurden die Versuchspersonen angewiesen, vor der Messung weder schwere körperliche Arbeit zu verrichten, noch eine größere Mahlzeit einzunehmen, um nicht durch eine vermehrte sensible Schweißsekretion, beziehungsweise einen gesteigerten Stoffwechsel, die Werte zu verfälschen. Aus dem gleichen Grund hielten sie sich vor jeder Messung ungefähr eine Stunde im Meßraum auf. Dadurch wurde gewährleistet, daß sie sich in einem einigermaßen metabolisch-indifferenten Zustand befanden.

Die Haut zeigte keine pathologischen Veränderungen und wurde einige Stunden vor dem Versuch nicht gewaschen oder eingecremt. Somit war es möglich, die Haut als physiologisch anzusehen. Um bei der Messung vergleichbare Werte zu bekommen, wurden die äußeren Faktoren auf die HWA möglichst konstant gehalten. Dabei zeigte sich, daß die Versuchspersonen bei einer Raumtemperatur von 24°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 60-70 % thermoindifferent waren. Bei diesen Umweltbedingungen war eine sensible Schweißsekretion mit Sicherheit auszuschließen.

Nachdem diese Bedingungen erfüllt waren, wurden die Messungen an der Stirn, der Brust (unter Einbeziehung der Mamillae), dem Bauch, am Rücken, in der Lendengegend und an den Extremitäten (Ober- und Unterarm, volare und dorsale Handfläche, und Ober- und Unterschenkel) vorgenommen.

Abbildung 7 zeigt die genaue Lokalisation der Meßkammer. Wie aus der Abbildung ferner zu ersehen ist, wurde an der Stirn und den Händen mit Kammern gemessen, die $19,6\text{ cm}^2$ Hautfläche erfassen. Bei den übrigen Regionen war es möglich mit einer größeren Kammer zu arbeiten, die eine Fläche von 38 cm^2 hatte. Diese Tatsache wurde bei der Umrechnung berücksichtigt (siehe Seite 20).

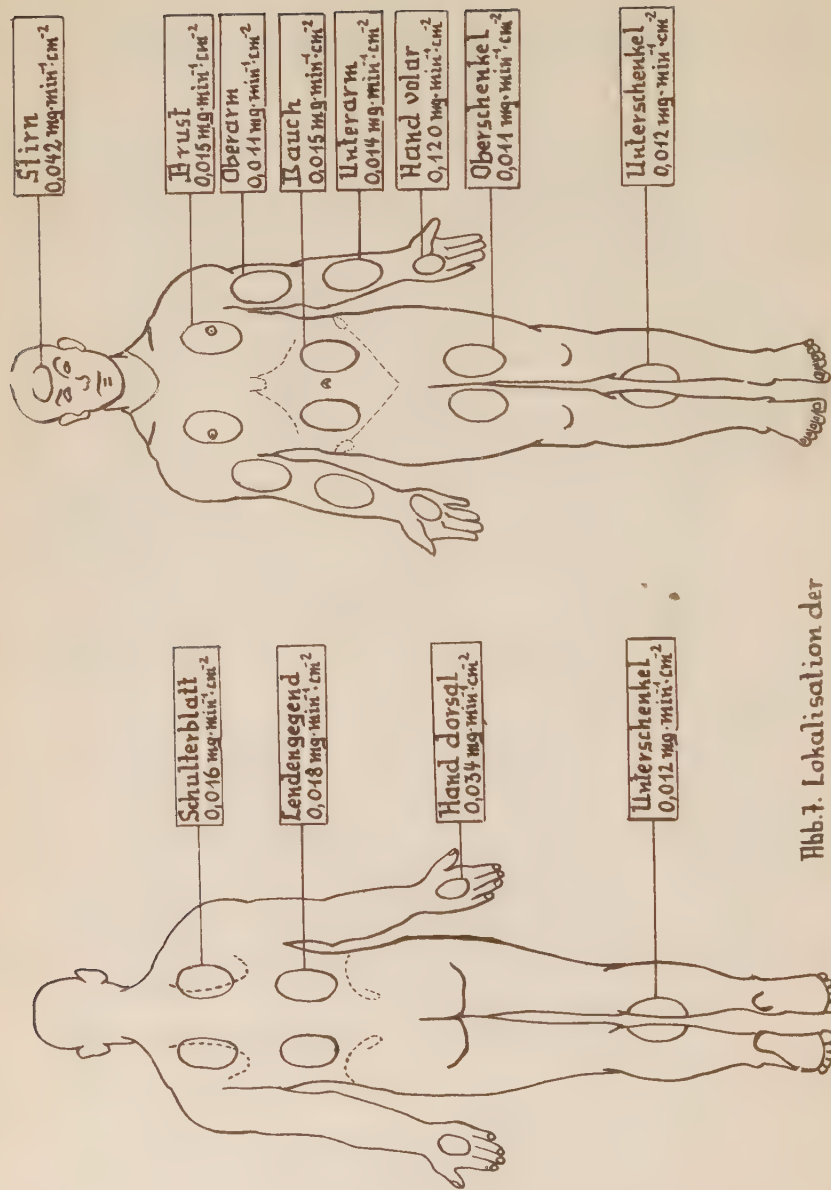


Abb. 7. Lokalisation der
Hautkammern

[mit Angabe der durchschnittlichen insensiblen HWA einer schlanken ♂ Versuchsperson]

Einige auf 60-90 Minuten ausgedehnte Versuche zeigten, daß sich der anfänglich hohe Wert 5-10 Minuten auf eine konstantbleibende Größe einstellte. So war es ohne Fehlerquelle möglich, den betreffenden Skalenwert nach 15-20 Minuten abzulesen. Die abgelesenen Werte der Dampfdruckdifferenz in Torr wurden dann auf die gebräuchliche Größe, nämlich $\text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$, umgerechnet.

Dabei wurde von folgender Beziehung ausgegangen:

$$W_{t,F} = e \cdot K_{(24^{\circ}\text{C})} \cdot V/t \cdot c_1 \cdot 1/F (\text{g} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2})$$

Dabei bedeutet:

$W_{t,F}$ = die Wassermenge in (g), die in der Zeiteinheit von einer bestimmten Fläche abgegeben wird.

e = die abgelesene Dampfdruckdifferenz in Torr.

$K_{(24^{\circ}\text{C})}$ = 0,972 (ist die Umrechnungskonstante von Dampfdruck in absolute Feuchtigkeit ($\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{Torr}$)).

V/t = 0,5 (l/min) (Luftvolumen, das pro Minute über die Hautfläche streicht).

c_1 = 10^{-3} (Umrechnungskonstante von (l) auf (m^3)).

F_1 = 19,6 (cm^2)

F_2 = 38,0 (cm^2) (die Fläche der beiden Hautkammern)

Setzt man die bekannten Größen in die oben genannte Formel ein, so erhält man für

$$\begin{aligned} W_{t,F} &= e \cdot 0,972 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1/F (\text{g} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}) \\ &= e \cdot 0,486 \cdot 1/F (\text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}) \end{aligned}$$

Für $F_1 = 19,6 \text{ cm}^2$ ergibt sich:

$$W_{t,F} = e \cdot 0,02480 (\text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2})$$

Für $F_2 = 38,0 \text{ cm}^2$ ergibt sich:

$$W_{t,F} = e \cdot 0,01279 (\text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2})$$

Die folgenden Tabellen zeigen die umgerechneten Werte der insensiblen HWA verschiedener topographischen Regionen bei vier männlichen und zwei weiblichen Versuchspersonen.

VERSUCHSPERSON II (m)
(untersetzt)

Region	Datum	Werte in mg·min ⁻¹ ·cm ⁻²		Hauttemperatur		Durchschnitt der ins. HWA u. Angabe der Standard- abweichung	Anzahl der Messungen
		R	L	R	L		
Stirn	19. 8.	0,030		35,7			
	21. 8.	0,030		35,0		0,032 ± 0,0033	3
	8. 9.	0,037		35,1			
Brust	5. 8.	0,006	0,008	33,6	33,0		
	17. 8.	0,013	0,015	32,7	32,4	0,010 ± 0,0030	6
	18. 8.	0,009	0,010	33,2	33,6		
Bauch	17. 8.	0,010	0,008	32,3	33,0		
	20. 8.	0,005	0,007	32,4	33,0	0,007 ± 0,0016	6
	21. 8.	0,006	0,008	32,1	32,4		
Schulter- blatt	31. 7.	0,016	-	34,8	-		
	17. 8.	0,013	0,013	31,9	33,0		
	20. 8.	0,010	0,013	32,1	33,0		
	21. 8.	0,013	0,012	33,2	32,2		
	9. 9.	0,017	-	33,0	-	0,014 ± 0,0023	13
	10. 9.	-	0,016	-	33,3		
	11. 9.	-	0,019	-	32,2		
	14. 9.	-	0,013	-	33,0		
	17. 9.	-	0,015	-	33,0		
	18. 9.	-	0,015	-	33,6		
Lenden- gegend	3. 8.	0,014	0,014	34,5	34,8		
	17. 8.	0,013	0,012	31,8	32,1	0,012 ± 0,0024	6
	20. 8.	0,009	0,008	32,4	33,6		
Ober- schenkel	4. 8.	0,012	0,013	33,6	33,6		
	11. 8.	0,006	0,006	32,1	32,1	0,011 ± 0,0037	6
	18. 8.	0,015	0,014	32,7	33,0		
Unter- schenkel	4. 8.	0,010	0,010	32,4	32,4		
	11. 8.	0,016	0,014	32,4	31,8	0,013 ± 0,0025	6
	18. 8.	0,015	0,015	32,7	32,4		
Ober- arm	3. 8.	0,008	0,008	32,4	33,0		
	17. 8.	0,012	0,011	33,1	32,7	0,010 ± 0,0015	6
	19. 8.	0,010	0,011	32,7	32,9		
Unter- arm	5. 8.	0,008	0,009	33,6	34,8		
	10. 8.	0,008	0,009	33,4	32,7		
	17. 8.	0,010	0,010	33,0	33,6		
	19. 8.	0,010	0,008	33,3	33,5		
	24. 8.	0,012	-	33,7	-		
	7. 9.	0,012	-	32,7	-		
	8. 9.	-	0,012	-	34,0		
	9. 9.	-	0,008	-	34,0	0,009 ± 0,0018	23
	10. 9.	-	0,013	-	33,0		
	11. 9.	-	0,011	-	33,2		
	14. 9.	-	0,011	-	33,6		
	15. 9.	0,011	0,011	33,6	33,0		
	17. 9.	0,009	0,011	33,0	33,0		
	18. 9.	0,009	0,011	33,0	32,7		
	19. 9.	0,009	-	34,0	-		
	21. 9.	0,009	-	33,4	-		
Hand volar	21. 8.	0,120	-	34,2	-		
	8. 9.	0,135	0,090	33,3	33,8	0,113 ± 0,0157	5
	11. 9.	0,120	0,102	33,6	34,2		
Hand dorsal	18. 9.	0,022	0,023	33,7	33,9	0,022 ± 0,0007	2

VERSUCHSPERSON I (m)
(schlank)

Region	Datum	Werte in mg · min ⁻¹ · cm ⁻²		Hauttemperatur		Durchschnitt der ins. HWA u. Angabe der Standard- abweichung	Anzahl der Messungen
		R	L	R	L		
Stirn	19.8.	0,040		35,7		0,042 ± 0,0047	4
	21.8.	0,045		35,1			
	8.9.	0,047		34,9			
	10.9.	0,035		35,7			
Brust	3.8.	0,018	0,017	34,8	34,3	0,015 ± 0,0017	8
	17.8.	0,013	0,014	33,6	33,9		
	19.8.	0,015	0,015	34,2	34,2		
	21.8.	0,013	0,015	34,0	34,2		
Bauch	12.8.	0,019	0,018	34,3	33,7	0,015 ± 0,0025	6
	17.8.	0,014	0,012	33,9	33,0		
	19.8.	0,015	0,014	33,9	34,2		
Schulter- blatt	10.8.	0,016	0,013	34,8	33,9	0,016 ± 0,0020	6
	17.8.	0,018	0,018	33,7	34,0		
	20.9.	0,014	0,014	33,3	33,6		
Lenden- gegend	10.8.	0,020	0,017	34,3	34,2	0,018 ± 0,0010	6
	17.8.	0,019	0,018	33,9	34,2		
	20.8.	0,018	0,019	33,0	33,9		
Ober- schenkel	11.8.	0,013	0,013	33,6	34,5	0,011 ± 0,0021	6
	19.8.	0,008	0,008	33,9	33,9		
	20.8.	0,010	0,011	33,6	33,6		
Unter- schenkel	10.8.	0,015	0,014	31,2	31,2	0,012 ± 0,0017	14
	11.8.	0,013	0,013	31,5	31,5		
	19.8.	0,012	0,010	32,1	31,5		
	20.8.	0,011	0,011	30,6	30,9		
	9.9.	0,012	-	32,4	-		
	10.9.	-	0,013	-	30,3		
	11.9.	-	0,012	-	30,7		
	14.9.	-	0,012	-	34,2		
	15.9.	-	0,009	-	31,8		
	17.9.	-	0,009	-	31,8		
Ober- arm	5.8.	0,009	0,011	33,3	32,0	0,011 ± 0,0013	6
	17.8.	0,010	0,013	31,6	32,4		
	20.8.	0,010	0,011	33,7	33,2		
	30.7.	0,017	0,010	33,6	33,8		
	5.8.	0,015	0,015	33,9	34,1		
	10.8.	0,014	0,014	33,6	33,6		
	11.8.	0,015	0,012	32,7	32,4		
	19.8.	0,015	-	34,2	-		
	31.8.	0,019	-	33,0	-		
	8.9.	0,019	-	33,6	-		
Unter- arm	9.9.	-	0,011	-	33,9	0,014 ± 0,0028	24
	10.9.	-	0,015	-	33,5		
	11.9.	-	0,019	-	33,5		
	14.9.	0,019	0,011	33,7	32,4		
	15.9.	0,017	0,013	34,5	33,2		
	16.9.	0,015	-	33,0	-		
	17.9.	0,013	0,011	33,5	33,2		
	18.9.	0,015	0,011	32,5	33,5		
	21.9.	0,011	-	33,6	-		
	21.8.	0,095	-	33,5	-		
Hand volar	8.9.	0,141	0,111	33,3	34,2	0,120 ± 0,0156	5
	11.9.	0,126	0,126	33,7	34,8		
Hand dorsal	11.9.	0,037	0,030	33,6	33,2	0,034 ± 0,0035	2

VERSUCHSPERSON III (m)
(schlank)

Region	Datum	Werte in mg·min ⁻¹ ·cm ⁻²		Hauttemperatur		Durchschnitt der ins. HWA u. Angabe der Standard- abweichungen	Anzahl der Messungen
		R	L	R	L		
Stirn	15.9.	0,042		35,0		0,041 ± 0,0010	2
	24.9.	0,040		35,9			
Brust	24.8.	0,013	0,013	33,6	33,0	0,012 ± 0,0013	4
	23.9.	0,010	0,011	33,3	33,5		
Bauch	23.9.	0,009	0,011	33,2	33,1	0,012 ± 0,0017	4
	24.9.	0,013	0,013	34,5	34,8		
Schulter- blatt	24.8.	0,014	0,016	33,6	33,6	0,017 ± 0,0026	4
	25.9.	0,018	0,021	33,7	34,2		
Lenden- gegend	24.8.	0,015	0,015	33,0	32,8	0,017 ± 0,0021	4
	25.9.	0,018	0,020	33,9	34,7		
Ober- schenkel	15.9.	0,010	0,010	30,0	31,3	0,009 ± 0,0013	4
	26.9.	0,007	0,010	31,2	31,4		
Unter- schenkel	24.8.	0,008	0,008	31,7	32,1	0,008 ± 0,0010	4
	25.9.	0,006	0,008	31,4	32,1		
Ober- arm	24.8.	0,013	0,012	32,4	32,5	0,012 ± 0,0015	4
	25.9.	0,010	0,014	33,0	32,4		
Unter- arm	24.8.	0,010	0,011	33,4	33,9	0,010 ± 0,0018	18
	15.9.	0,012	0,011	33,0	33,0		
	16.9.	0,009	0,015	32,1	32,4		
	17.9.	0,008	0,011	32,8	32,0		
	18.9.	0,008	0,011	33,6	33,0		
	19.9.	0,009	0,011	33,8	33,3		
	21.9.	0,009	0,011	33,5	33,0		
	23.9.	0,008	0,008	33,6	34,5		
	24.9.	0,009	0,009	33,5	33,3		
Hand volar	16.9.	0,135	0,111	33,4	33,8	0,116 ± 0,0115	4
	23.9.	0,111	0,105	33,8	34,1		

VERSUCHSPERSON IV (m)

Unter- arm	14.9.	0,015	0,012	33,3	33,0	0,015 $\pm$ 0,0025	15
	15.9.	-	0,010	-	33,6		
	16.9.	0,018	0,015	32,4	33,5		
	17.9.	0,015	0,019	32,1	31,5		
	18.9.	0,013	0,017	32,8	33,3		
	19.9.	0,013	0,016	33,4	32,7		
	21.9.	0,011	0,015	32,7	33,0		
	24.9.	0,013	0,016	32,0	32,7		

VERSUCHSPERSON V (f)
(leicht untersetzt)

Region	Datum	Werte in $\text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$		Hauttemperatur		Durchschnitt der ins. HWA u. Angabe der Standard- abweichungen	Anzahl der Messungen
		R	L	R	L		
Bauch	22. 8.	0, 009	0, 010	34, 8	33, 0	$0, 008 \pm 0, 0021$	6
	14. 9.	0, 008	0, 010	35, 2	35, 5		
	23. 9.	0, 005	0, 005	33, 9	33, 8		
Schulter- blatt	22. 8.	0, 014	0, 015	33, 8	34, 4	$0, 014 \pm 0, 0012$	4
	14. 9.	0, 012	0, 013	34, 7	34, 9		
Lenden- gegend	22. 8.	0, 018	0, 017	34, 8	35, 5	$0, 013 \pm 0, 0035$	6
	14. 9.	0, 013	0, 013	34, 4	34, 2		
	23. 9.	0, 009	0, 009	34, 2	34, 2		
Ober- schenkel	22. 8.	0, 010	0, 010	33, 3	33, 6	$0, 010 \pm 0, 0000$	4
	14. 9.	0, 010	0, 010	33, 5	33, 1		
Unter- schenkel	22. 8.	0, 017	0, 018	32, 4	32, 3	$0, 013 \pm 0, 0043$	4
	14. 9.	0, 009	0, 009	32, 2	32, 0		
Ober- arm	10. 8.	0, 006	0, 006	32, 4	33, 0	$0, 007 \pm 0, 0009$	4
	22. 8.	0, 007	0, 008	31, 3	32, 4		
Unter- arm	10. 8.	0, 008	0, 008	31, 2	31, 0	$0, 009 \pm 0, 0009$	4
	22. 8.	0, 009	0, 010	32, 7	32, 7		

VERSUCHSPERSON VI (f)
(schlank)

Bauch	22. 8.	0, 010	0, 011	33, 3	34, 6	$0, 010 \pm 0, 0011$	6
	12. 9.	0, 009	0, 009	33, 4	33, 3		
	19. 9.	0, 012	0, 010	34, 5	34, 8		
Schulter- blatt	9. 9.	0, 022	0, 020	33, 6	34, 2	$0, 019 \pm 0, 0038$	6
	12. 9.	0, 015	0, 013	33, 0	33, 3		
	19. 9.	0, 024	0, 019	34, 0	33, 5		
Lenden- gegend	22. 8.	0, 018	0, 015	34, 8	34, 6	$0, 015 \pm 0, 0023$	6
	12. 9.	0, 012	0, 013	32, 5	32, 8		
	19. 9.	0, 015	0, 018	33, 2	34, 9		
Ober- schenkel	21. 8.	0, 012	0, 015	34, 5	35, 2	$0, 012 \pm 0, 0023$	4
	12. 9.	0, 009	0, 010	32, 9	33, 9		
Unter- schenkel	21. 8.	0, 013	0, 013	30, 9	31, 5	$0, 012 \pm 0, 0012$	6
	12. 9.	0, 010	0, 011	32, 3	32, 3		
	19. 9.	0, 013	0, 013	32, 3	32, 0		
Ober- arm	12. 9.	0, 012	0, 013	32, 4	33, 0	$0, 011 \pm 0, 0012$	6
	15. 9.	0, 010	0, 010	32, 6	32, 6		
	19. 9.	0, 011	0, 012	33, 0	34, 0		
Unter- arm	12. 9.	0, 013	0, 012	30, 9	30, 4	$0, 012 \pm 0, 0010$	6
	15. 9.	0, 011	0, 010	33, 4	33, 0		
	19. 9.	0, 012	0, 012	33, 2	32, 6		

Im Folgenden soll die Systematik der durchgeführten Versuche erläutert und die Aufzählung der Ergebnisse durch zusammenfassende Übersichten ergänzt werden.

Von jeder angeführten Körperstelle wurde wenigstens viermal bei jeder Versuchsperson an verschiedenen Tagen die insensible HWA bestimmt. Häufigere Messungen wurden z. B. an der volaren Seite des Unterarmes gemacht, für den wir einen Durchschnittswert aus 30 Messungen angeben können. Um einen kurzen Überblick der in den vorhergegangenen Tabellen aufgezeichneten Meßergebnisse zu geben, möchte ich die Werte in drei Gruppen einteilen:

- 1.) Die höchsten Werte ergaben sich bei unseren Messungen an der volaren Seite der Hand, mit $0,09 - 0,12 \text{ mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$.
- 2.) Rund dreimal bis viermal kleinere Mengen zeigten sich an der Stirn und am Handrücken, also $0,023 - 0,042$.
- 3.) Die übrigen Regionen zeigten die geringste HWA mit $0,019 - 0,006$. Dabei waren noch einheitlich die höchsten Werte dieser dritten Gruppe am Schulterblatt und in der Lendengegend zu finden.

Eine graphische Aufzeichnung der Meßergebnisse läßt die regionalen Unterschiede bei den einzelnen Versuchspersonen deutlich erkennen (siehe Seite 27, Abb. 8).

Ogleich das oben angeführte Schema in der Reihenfolge für männliche als auch für weibliche Versuchspersonen gilt, zeigen die Durchschnittswerte der einzelnen Regionen einer Versuchsperson, verglichen mit denen einer anderen Person, mehr oder weniger starke Differenzen.

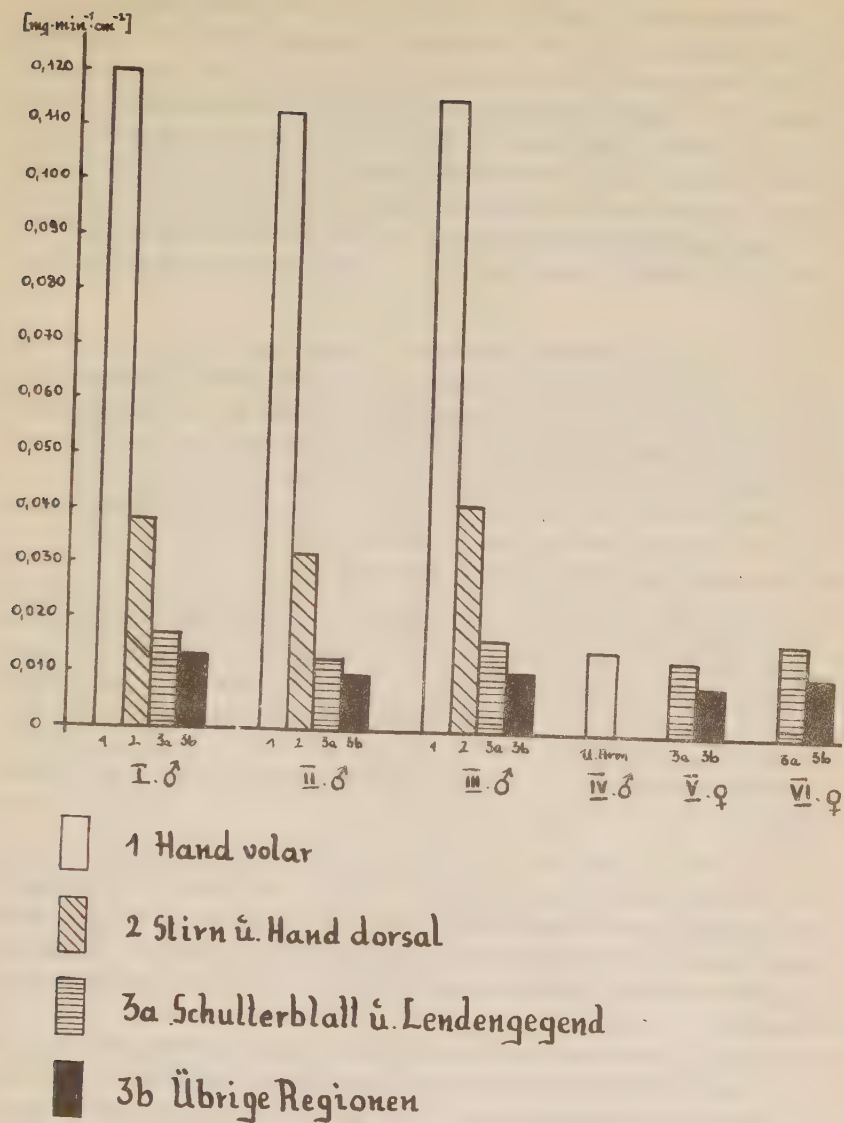


Abb. 8. graphische Aufzeichnung
 der insen. HWA bei den Versuchspersonen
 I. - VI.

Um zu prüfen, welchen Einfluß die Haare auf die HWA haben, wurden Messungen in gleicher Höhe an der Beuge- und Streckseite des Unterarmes vorgenommen. Zwar lagen die Werte an der Beugeseite niedriger, jedoch ist nicht mit Sicherheit zu sagen, daß dieser geringfügige Unterschied auf eine flächenmäßige Vergrößerung der Barriere an der behaarten Stelle zurückgeführt werden kann. Genau so gut könnte nämlich dieser Unterschied an der Streckseite durch eine größere Schweißdrüsendichte bedingt sein. Auch zeigten Messungen bei verschiedenen Personen an jeweils ähnlichen anatomischen Regionen, mit beziehungsweise ohne sichtbare Behaarung, keine deutlichen Parallelen mit der HWA.

Aus den schon in der Einführung erwähnten Überlegungen wurde nach Parallelen zwischen HWA und lokaler Durchblutung gesucht. Bei diesen Versuchen wurde die volare Seite des Unterarmes mit einer mittelharten Bürste, etwa fünf Minuten lang, behandelt. Nach dieser Zeit war als Zeichen einer vermehrten Blutfüllung, eine deutliche Rötung der Haut zu sehen. Die Hauttemperatur zeigte keine wesentliche Veränderung, obgleich die Versuchsperson ein subjektives Wärmegefühl äußerte. Die unmittelbar anschließende Messung der HWA ließ keine Steigerung derselben erkennen.

Bei jedem Versuch wurde die Hauttemperatur (HT) der betreffenden Stelle mitgemessen. Sie bewegt sich von 31°C am Unterschenkel bis zu 35°C an der Stirn, wie aus den Tabellen ersichtlich ist. Mit einer Ausnahme, die volare Seite der Hand, verhält sich die HT an den einzelnen Körperstellen gleichsinnig zur HWA. Die HT der Handfläche liegt mit 33°C in der Mitte der gemessenen Temperaturen und zeigt dennoch die höchsten Werte an insensibler HWA.

Auf die wichtige Stellung der lipoid- und vor allem der wasserlöslichen Substanzen in Bezug auf die Beschaffenheit der Haut, wurde bereits am Anfang der Arbeit hingewiesen. So sollen die Lipoide die Aufgabe haben, eine schützende Hülle um die wasserlöslichen Bestandteile der Haut zu bilden. Diese Stoffe liegen gehäuft in den Zellschichten der Barriere vor und sollen die HWA beeinflussen.

Um den Einfluß dieser Stoffe auf die HWA zu untersuchen, wurde die Haut mit Alkohol und Aceton abwechselungsweise behandelt. Mit getränktem Zellstofflappen ließen wir die beiden Stoffe, durch leichte Wischbewegungen und durch hüpfendes Massieren, auf die volare Seite des Unterarmes einwirken. Diese Prozedur wurde zehn Minuten lang durchgeführt. Danach wurde die Hautoberfläche mit trockenem Zellstoff abgetupft, um die noch nicht verdunsteten Reste der Substanzen zu entfernen.

Bringt man nun die Kammer auf die behandelte Stelle und bestimmt die HWA, so wurden wesentlich höhere Werte registriert.

Als weiterer Stoff wurde die Wirkung von Dimethylsulfoxyd (DMSO) auf die HWA geprüft.

Zunächst sollen ein paar Bemerkungen zu diesem Stoff angeführt werden.

Physikalisch-chemische Eigenschaften:

DMSO ist das einfachste Glied der homologen Reihe der organischen Sulfoxyde.



Es ist eine farblose Flüssigkeit mit charakteristischem Geruch der Schwefelverbindungen und hat einen unangenehmen, bitteren Geschmack. In einer Konzentration von 99,5 % Reinheit ist DMSO sehr hygroskopisch, es absorbiert über 70 % des Eigengewichtes an Wasser aus einer Luft von 20° C und 65 % relativer Feuchtigkeit (41).

Um die Eigenschaften von DMSO auf die lebende Zelle zu prüfen wurden Tier- und Pflanzenversuche gemacht. Es zeigte sich, daß DMSO -anatomisch gesehen- Zellen und Gewebe nicht schädigt, jedoch eine starke Wirkung auf biologische Membranen ausübt, indem es sie für nicht dialysierbare Verbindungen porös macht und die Durchdringungsfähigkeit für normalerweise dialysierbarer Ionen und Verbindungen erheblich steigert (42).

Um die Reizung der Haut durch DMSO zu lindern, wurde versucht, DMSO mit Glycerin in einem Verhältnis von 60 : 40 anzuwenden, Es wurde jedoch festgestellt, daß diese Mischung nicht die gleiche Wirkung erzielte, wie die 90 %-ige Lösung von DMSO in Wasser (43).

Unsere Fragestellung ging nun dahin, ob DMSO auch einen Einfluß auf die menschliche Haut hat, indem es die Haut in irgendeiner Weise aufzulockern vermag. Als Zeichen der Beeinflussung würde sich eine gesteigerte HWA zeigen. DMSO wurde in gleicher Weise wie Alkohol und Aceton auf die Haut gebracht. Dabei war zu beobachten, daß sich der Zellstofflappen kurz nach der Tränkung mit 90 %-igem DMSO erwärmte und zu dampfen begann.

Die Hautreaktion nach der Behandlung bestand in einer mehr oder weniger starken Rötung, und die Versuchsperson verspürte ein Brennen, das sich nach kurzer Zeit abschwächte und nach einigen Stunden ganz verschwunden war. Die Rötung blieb 1-2 Tage bestehen.

Bei der anschließenden Messung zeigt sich eine noch erheblichere Steigerung des Registrierwerts als nach der Behandlung mit Alkohol und Aceton. Ob der

Anstieg auf eine so starke Zunahme der HWA zurückzuführen ist, läßt sich nicht mit Sicherheit sagen. Sicherlich wird eine Steigerung der HWA nach der Behandlung einsetzen, jedoch ist ihr Anteil von anderen Faktoren nicht zu trennen.

Bei Alkohol und Aceton und in einem noch größeren Ausmaß bei DMSO, werden diese Stoffe verdampfen und vielleicht eine zusätzliche Ultrarot-Absorption im URAS bewirken, da ihr Absorptionsspektrum wenigstens zum Teil innerhalb der Banden des Wasserdampfes liegt, und eine Bandenüberlappung auftreten kann. Es ist also möglich, ohne daß die Stoffe mit der Barriere in Kontakt gekommen sind, eine scheinbar vermehrte HWA zu erhalten. Zudem wird DMSO als sehr reaktive Substanz mit den Stoffen der Hornschicht reagieren und zu Umwandlungsprodukten führen, die, soweit sie in Dampfform auftreten, in der "gesteigerten HWA" stecken.

Bei der folgenden Tabelle, die eine gesteigerte HWA nach der Behandlung mit Alkohol und Aceton beziehungsweise DMSO zeigt, muß also berücksichtigt werden, daß ein nicht genau festzulegender Prozentsatz der gesteigerten HWA auf eine Bandenüberlappung der verdampfenden Substanzen zurückzuführen ist.

Die Zahlen über den Pfeilen geben die Zeit in Minuten von Versuchsbeginn bis zu der jeweiligen Ablesung an. - Die gemessene HWA ist in $\text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ angegeben.

Versuchsperson I

Messungen an der volaren Seite des Unterarms.

Norm. HWA	Aceton + Alkohol		DMSO		
	a)	b)	a)	b)	b)
0,009	0,015	$\xrightarrow{45'}$ 0,010			
0,010	0,015	$\xrightarrow{45'}$ 0,013			
0,013			0,063	$\xrightarrow{15'}$ 0,039	$\xrightarrow{60'}$ 0,023
0,014			0,033	$\xrightarrow{4'}$ 0,039	$\xrightarrow{60'}$ 0,028
0,015	0,027	$\xrightarrow{30'}$ 0,020			
0,013			0,034	$\xrightarrow{5'}$ 0,042	$\xrightarrow{60'}$ 0,027

Versuchsperson II
Messungen an der volaren Seite des Unterarms.

Norm. HWA	Aceton + Alkohol		DMSO		
	a)	b)	a)	b)	b)
0,010	0,014	$\xrightarrow{30'}$ 0,009			
0,005	0,018	$\xrightarrow{30'}$ 0,008			
0,006			0,013	$\xrightarrow{15'}$ 0,028	$\xrightarrow{120'}$ 0,011
0,006			0,005	$\xrightarrow{15'}$ 0,018	$\xrightarrow{60'}$ 0,015
0,011			0,020	$\xrightarrow{15'}$ 0,017	$\xrightarrow{60'}$ 0,014
0,008			0,011	$\xrightarrow{10'}$ 0,042	$\xrightarrow{60'}$ 0,025

a) = Wert unmittelbar nach der Behandlung mit den Substanzen.

b) = Wert nach der über dem Pfeil angegebenen Zeit.

Ein richtiges Bild von den Verhältnissen ist nur dann zu bekommen, wenn eine genaue Trennung zwischen HWA und verdampfenden Substanzen vorgenommen wird.

In diesem Zusammenhang denke ich an Filter, die befähigt sind, die unerwünschten Anteile von der Messung fernzuhalten. Diese Filterung wäre einerseits durch Absorptionstürme und andererseits durch Filterküvetten zu erreichen. Die Filterküvetten würden zwischen den beiden Strahlern und den Meßküvetten zu liegen haben (40).

Versuche mit Agaricin:

Um den unterschiedlichen Anteil der glandulären und extraglandulären insensiblen Perspiration in den einzelnen Regionen an der gesamten HWA zu bestimmen, wurde mit Hilfe von Agaricin die insensible Schweißdrüsensekretion zu einem Teil ausgeschaltet.

Bei den Versuchen wurde 20 mg Agaricin gegeben; und zwar 10 mg 12 Stunden und weitere 10 mg 5 Stunden vor der jeweiligen Messung. Auf diese Weise war ein optimaler Effekt möglich, da die Wirkung erst nach einigen Stunden einsetzt und dann etwa 24 Stunden anhält (44).

Obleich mit hoher Wahrscheinlichkeit die Ruhesekretion nur zu einem Teil ausgeschaltet war, zeigten sich dennoch erhebliche Senkungen der HWA.

interessant ist nun, daß die Abnahme der HWA an der Stirn und der Handfläche am eindruckvollsten war. Auch an den übrigen Regionen wurden kleinere Werte gemessen (siehe Tabelle unten).

Normale HWA und die Wirkung von Agaricin

Versuchsperson I

		1. Versuch:		2. Versuch:	
	Norm. HWA	HWA unter Agaricin	Senkung in %	HWA unter Agaricin	Senkung in %
1. Stirn	0,032	0,027	15,6	0,027	15,6
2. Lenden- gegend	0,012	0,010	16,7	0,009	25,0
3. Unter- schenkel	0,013	0,004	69,2	0,005	61,5
4. Unter- arm	0,009	0,009	0,0	0,008	11,1
5. Hand volar	0,113	0,074	34,5	0,072	36,3

Versuchsperson II

	Norm. HWA	HWA unter Agaricin	Senkung in %
1. Stirn	0,042	0,019	54,8
2. Lenden- gegend	0,018	0,012	33,3
3. Unter- schenkel	0,012	0,009	25,0
4. Unter- arm	0,014	0,013	7,2
5. Hand volar	0,120	0,069	42,5

E) DISKUSSION UND BESPRECHUNG DER ERGEBNISSE

Mit der beschriebenen Versuchsanordnung ist es möglich, die HWA kontinuierlich zu messen. Dies stellt einen bemerkenswerten Vorteil gegenüber den nicht-ventilierten Systemen dar. Indem Raumluft, und nicht wasserfreie (scharfgetrocknete) Luft über die Hautstelle geleitet wird, bleibt das Temperatur- und Feuchtegefälle (46), das sich normalerweise über der Haut aufbaut, erhalten. Auch ist die Strömungsgeschwindigkeit von 30 l/h (was einer mittleren Windgeschwindigkeit in der Kammer von 3,47 cm/sec. entspricht) so gering, daß es nicht berechtigt erscheint, von einem "Sturm" zu sprechen (46).

Durch das Schlauchsystem, von der Hautkammer zum URAS, muß zwar eine geringe Meßverzögerung in Kauf genommen werden, die jedoch keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit hat.

Um mit der Apparatur zuverlässig arbeiten zu können, ist es sehr wichtig, die Anlage von Zeit zu Zeit von abgelagerten hygroskopischen Substanzen, die einerseits von den Eichlösungen und andererseits von der Hautoberfläche in die Anlage gelangen können, zu säubern. Durch das Einbauen von Glaswollefiltern war es möglich, für die Zeit der Versuche, die Anlage frei von Verunreinigungen zu halten. Dann ist es auch möglich, in etwa einer halben Stunde, das Gerät ohne größere Schwierigkeiten zu eichen und mit der Messung zu beginnen.

Vergleicht man die unter unseren Bedingungen erhaltenen Werte mit denen in der Literatur angegebenen Zahlen (siehe nachstehende Tabelle) so zeigt sich eine weitgehende Übereinstimmung.

Insensible HWA der einzelnen Autoren
(in $\text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$)

	Unterarm	Bauch	Rücken
(19) Heerd und Ohara	0,017	-	-
(32) Webb, Garlington u. a.	0,01	-	-
(47) Ikeuchi und Kuno	0,017	-	-
(48) Kerslake	0,017	-	-
(49) Thauer und Zöllner	0,037	-	-
(50) Felser und Rothmann	0,025	-	-
(51) Mali	-	-	0,05
(52) Burch und Winsor	-	0,003	-
(53) Rosenberg	0,003	-	-
(55) Blank	-	0,001	(excidierte Haut)
Eigene Ergebnisse	0,014	0,015	0,017

Die Werte der angeführten Autoren beschränken sich zum größten Teil auf Messungen am Unterarm, woraus unter anderem die Notwendigkeit, topographische Untersuchungen durchzuführen, ersichtlich wird. Hier sind die Werte von Thau und Zöllner (49), sowie die von Felser und Rothmann (50) auffallend hoch. Es muß angenommen werden, daß diese Werte durch eine vermehrte Schweißdrüsentätigkeit erhöht sind. Der von Mali (51) angegebene Rückenwert von $0,05 \text{ mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ kann ebenso nur durch einen zusätzlichen sekretorischen Anteil emotioneller und apokriner Art erklärt werden.

Auf der anderen Seite liegen die Werte von Burch und Winsor (52), als auch die von Blank (55) sehr niedrig. Jedoch ist es nicht möglich, die Werte von Blank mit unseren zu vergleichen, da Blank an der exzidierten und nicht an der lebenden Haut gearbeitet hat.

Burch und Winsor (52) geben an, daß der Wasserverlust der (Bauch-) Haut des Lebenden und der exzidierten gleich ist. Das mag vielleicht für Regionen gelten, die wenig Schweißdrüsen oder eine sehr geringe Rohsekretion aufweisen. Mit großer Wahrscheinlichkeit würde eine Übereinstimmung der Werte an der Handfläche und der exzidierten Handflächenhaut nur bedingt zu erreichen sein. Bei Versuchen an der exzidierten Haut wird zwar der regional verschiedenen Dicke und bei gleicher Dicke der unterschiedlichen wasserabdichtenden Wirkung der Hornschicht Rechnung getragen. Jedoch wird der Einfluß des glandulären Anteils nicht berücksichtigt.

Im thermodynamischen Temperaturbereich wird die unterschiedliche Beteiligung der einzelnen Körperregionen an der insensiblen HWA in erster Linie von der wasserabdichtenden Wirkung der Hornschicht als auch von der Schweißdrüsendichte abhängen.

Die Aufstellung von Seite 26, die die höchsten Werte an der volaren Handfläche dreimal bis viermal kleinere Werte an der Stirn und am Handrücken, und die geringste HWA an den übrigen Regionen zeigt, ist auf männliche und auf weibliche Versuchspersonen gleichermaßen anzuwenden. Auch sonst konnten keine wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern gezeigt werden. Bemerkenswert ist, daß die Meßergebnisse der gleichen Regionen bei den einzelnen Versuchspersonen über mehrere Wochen weitgehend konstant bleiben. Auffallend war auch, daß eine Versuchsperson mit einem niedrigen Wert am Unterarm auch an den übrigen Regionen kleinere Werte zeigte als eine Versuchsperson mit einer höheren HWA am Unterarm. Diese Beobachtung ist vielleicht damit zu erklären, daß die HWA im allgemeinen geringer ist bei untersetzten Personen mit einem dickeren subcutanen Fettpolster. Diese Annahme wird durch die Tatsache bekräftigt, daß die HWA am Bauch von untersetzten Personen, gleichgültig ob männlich oder weiblich, nur die Hälfte von schlanken Personen beträgt (dazu vergleiche Bauchwerte von Versuchsperson I und Versuchsperson II).

auf Seite 22 und 23).

Wünschenswert wären vergleichende Messungen zwischen jungen und alten, als auch zwischen körperlich- und geistigarbeitenden Menschen. Vermutlich würden sich dabei beachtliche Unterschiede in der insensiblen HWA noch offenkundiger zeigen, als dies bei unseren Versuchen zwischen gleichaltrigen schlanken gegenüber untersetzten Personen zu sehen war.

Aus diesem Grund sollte man die Werte der einzelnen Versuchspersonen nur gegenüberstellen und nicht versuchen, einen für alle Personen gültigen Wert einer bestimmten Region aufstellen zu wollen.

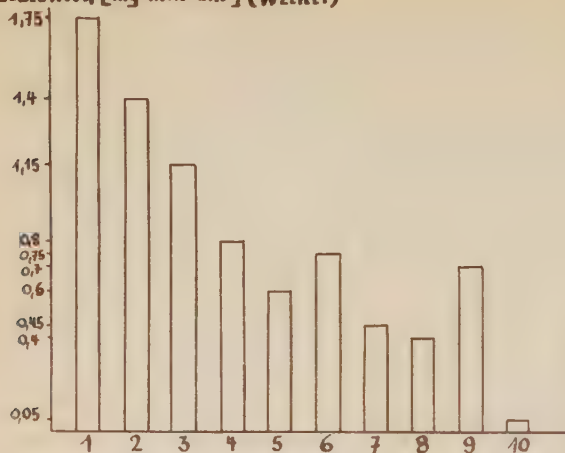
Regionale Unterschiede beim Menschen sind bemerkenswert und waren eigentlich nach den aufgezeichneten Faktoren zu erwarten. Ein Vergleich der relativen Schwitzintensität (von Weiner aufgestellt 3) mit der insensiblen HWA zeigt eher eine Gegenläufigkeit als eine Parallelität. Diese Gegenläufigkeit wird am offenkundigsten an der Handfläche, die den kleinsten Wert an warmeinduzierter sensibler HWA aufweist (3), jedoch den höchsten Wert an insensibler HWA im thermoindifferenten Bereich zeigt. Wie aus der Gegenüberstellung (siehe Seite 36) von sensibler, insensibler HWA und relativer Schweißdrüsendichte zu ersehen ist, zeigt sich auch, daß keineswegs über den schweißdrüsenreichsten Hautgebieten die intensivste sensible HWA auftreten braucht.

Eine Erklärung für diesen Befund wird von Marchionini (36) gegeben, der zwei völlig unterschiedlich aktive Drüsengebiete nennt: einerseits Kopf, Rumpf, Extremitäten (ausschließlich der distalen Partien) und andererseits Hände und Füße. So wird von einer funktionellen Sonderstellung der an Handteller und Fußsohlen lokalisierten ekrinen Drüsen gesprochen. Die Drüsen dieser Regionen sollen auf thermische Reize fast nicht ansprechen, jedoch bevorzugt auf emotionelle Impulse reagieren. Auch beim ruhenden Menschen unter thermoindifferenten Bedingungen wird eine Ruhesekretion aller Schweißdrüsen ablaufen. Also zeigen selbst bei fehlenden emotionalen Reiz die Drüsen der Handflächen eine solche Sekretion. Daraus ist zu folgern, daß der glanduläre Anteil der insensiblen HWA proportional zu der Schweißdrüsendichte ist (siehe Seite 36).

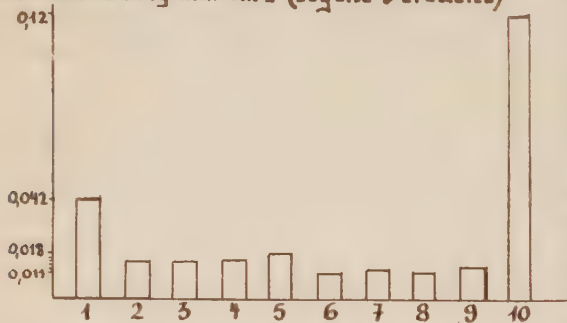
Der Einfluß der Hornschicht in Bezug auf unterschiedliche Dichte und Dicke, ist an der excidierten Haut von Blank (29), Marzulli (27), Malkinson (54) und anderen geprüft worden. Die beiden letztgenannten Autoren schreiben die regional unterschiedlichen Diffusionsraten der jeweiligen Dicke des stratum conjunctum zu. Sicherlich ist aber auch die Dichte dieser Schicht von erheblicher Bedeutung (29).

Inwieweit nun der hohe Wert an den Handflächen der mehr oder weniger verringerten Barrierewirkung beziehungsweise der großen Schweißdrüsenzahl

wärmeinduzierte
sensible HWA [$\text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$] (Weiner)



insensible HWA [$\text{mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$] (eigene Versuche)



- 1 Stirn
- 2 Brust
- 3 Bauch
- 4 Schulterblatt
- 5 Lendengegend
- 6 Oberschenkel
- 7 Unterschenkel
- 8 Oberarm
- 9 Unterarm
- 10 Hand volar

Anzahl der Schweißdrüsen pro cm^2 (Krause)

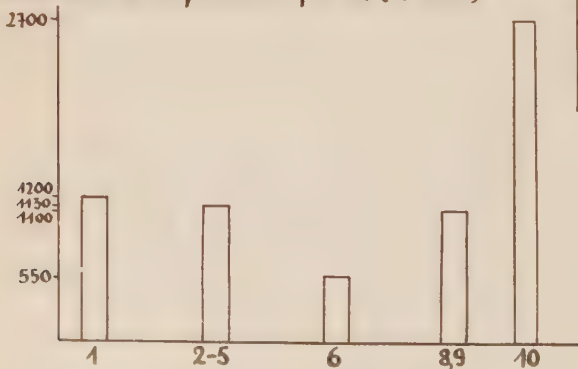


Abb. 9

dieser Region zuzuschreiben ist, kann nicht mit Sicherheit beantwortet werden. Vermutlich liegen aber an der Handfläche beide Faktoren in ausgeprägtem Maße vor und begünstigen so eine hohe HWA.

Diese Vermutung wird durch die Versuche mit Agaricin bekräftigt, denn prozentual gesehen, erreichten wir an den Handflächen die stärkste Senkung der normalen HWA. Gleichzeitig ergab sich aber gegenüber den anderen Regionen ein noch verhältnismäßig hoher "Agaricinwert", was für eine geringere Dichte der Handflächenbarriere sprechen könnte.

Zur Unterdrückung der Schweißdrüsentätigkeit wurde Agaricin gewählt, da diesem Mittel eine selektive Wirkung auf die Schweißsekretionshemmung, ohne Beeinflussung der anderen Drüsen, nachgesagt wird (44). Jedoch ist man mit diesem Mittel, wie auch mit den anderen Parasympathikolytika (z.B. Atropin), an kleine Dosen gebunden. Agaricin entfaltet in einer Dosierung von 5-15 mg die Sekretionshemmung.

Die heute geltende Auffassung bezüglich der Innervation der Schweißdrüsen ist, daß sie von sympathischen Fasern versorgt werden. Jedoch ist der Überträgerstoff nicht Adrenalin, sondern Acetylcholin. So ist auch die hemmende Wirkung von Atropin auf die Schweißdrüsensekretion zu verstehen. Atropin wirkt peripher, hat jedoch weder lähmende Wirkung auf die cholinergischen Nervenendigungen, noch auf die Acetylcholinbildung, sondern es macht die Zelle für Acetylcholin teilweise oder ganz unempfindlich (45, 2).

Ob dem Agaricin eine ähnliche Wirkung zugeschrieben werden kann ist unbekannt. Sicher scheint nur zu sein, daß der Angriffspunkt ganz peripher liegt. Es wurde nämlich gezeigt, daß unter der Wirkung von Agaricin eine elektrische Reizung der sekretorischen Nerven ohne Wirkung ist (44).

Die drei Versuche, die mit Agaricin gemacht wurden, und der nur teilweise Erfolg mit diesem Mittel, die Schweißdrüsentätigkeit auszuschalten, lassen keine genauen prozentualen Angaben über die glanduläre und extraglanduläre **insensible Perspiration** zu.

So können die Verhältnisaangaben in der folgenden Tabelle nur Annäherungswerte sein. Dabei können die extraglandulären Werte in Wirklichkeit kleiner und die glandulären Werte größer als angegeben sein (siehe Seite 38).

	Versuchsperson I		Versuchsperson II			
	1. Versuch		2. Versuch			
Regionen	extra- gland.	glandulär	extra- gland.	glandulär	extra- gland.	glandulär
Stirn	< 5,4	: > 1	< 5,4	: > 1	< 1	: > 1,2
Lendengegend	< 5	: > 1	< 3	: > 1	< 2	: > 1
U. - Schenkel	< 1	: > 2,25	< 1	: > 1,6	< 3	: > 1
U. - Arm	< 9	: > 0	< 8	: > 1	< 13	: > 1
Hand volar	< 1,9	: > 1	< 1,8	: > 1	< 1,4	: > 1

Es konnte gezeigt werden, daß bei der insensiblen HWA ein glandulärer Anteil der mit Agaricin zu beeinflussen war, vorhanden ist. Auch weisen die Ergebnisse darauf hin, daß eine unterschiedliche Beteiligung der beiden Anteile an der HWA in verschiedenen Regionen einer Versuchsperson und in entsprechenden Regionen verschiedener Versuchspersonen vorliegt (s. Seite 32).

Da die Senkung der HWA unter Agaricin an Körperstellen mit einer hohen HWA unter normalen Bedingungen wesentlich stärker war als an Stellen mit einer niedrigen HWA (siehe Abbildung 10 S. 39), läßt die Vermutung aufkommen, daß die insensible HWA an der Hand und der Stirn durch einen vermehrten glandulären Teil auf die hohen Werte gehoben wird.

Mit Ausnahme der Handflächen, bei denen wie schon ausgeführt, der hohe Wert an sensibler HWA zusätzlich von der wasserabdichtenden Wirkung der Barriere abhängt, würde der Befund besagen, daß die passive sensible Perspiration an den übrigen Körperstellen annähernd gleich ist, und die Unterschiede vor allem durch eine mehr oder weniger starke Beteiligung einer sensiblen Sekretion verursacht wird.

Um diese Hypothese zu sichern, müßte man jedoch eine Möglichkeit finden, die Schweißdrüsentätigkeit völlig zu unterbinden. Dabei muß jedoch immer im Auge behalten werden, daß durch die Anwendung einer derartigen Methode die physiologischen Verhältnisse nicht zu stark verändert werden.

Bei gleichbleibenden äußeren Bedingungen wird der glanduläre Anteil der sensiblen Perspiration von der Schweißdrüsendichte und der extraglanduläre Anteil primär von der Beschaffenheit der Hornschicht und der HT abhängen. Wenn die Ergebnisse auch keine genaue Trennung der beiden Anteile ermöglichen, so weisen sie jedoch darauf hin, daß die insensible HWA in den einzelnen Regionen durch ein unterschiedliches Mitwirken des einen oder anderen Anteiles zu Stande kommt. Die anderen Faktoren, die in der Einführung angeführt wurden, treten zwar nicht in so ausgeprägtem Maße in Erscheinung, dürften jedoch nicht ganz unbeteiligt sein.

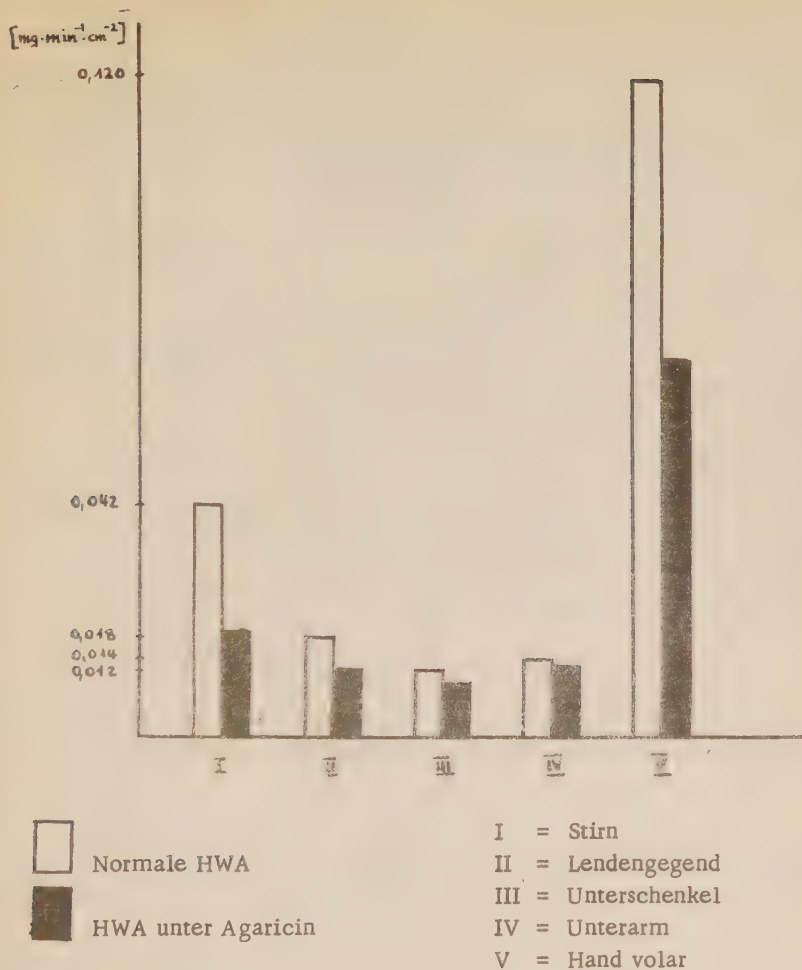


ABBILDUNG 10

Normale HWA und die Senkung durch Agaricin (bei Versuchsperson II; siehe Seite 32).

Die aufgezeichneten Werte der insensiblen HWA einzelner Regionen bei gesunden und unbehandelten Versuchspersonen stellen eine Grundlinie für klinische oder experimentelle Untersuchungen dar. So wird z. B. bei pathologischen Veränderungen der Hornschicht auf Grund von Krankheit oder Verletzung die insensible HWA wesentlich gesteigert sein. Damit ist die HWA als zuverlässiges Zeichen für die Intaktheit des stratum corneum anzusehen.

F) ZUSAMMENFASSUNG

- 1.) Bei der Untersuchung der insensiblen HWA an verschiedenen topographischen Regionen, werden die Faktoren, die eine unterschiedliche Beteiligung der einzelnen Gebiete an der insensiblen HWA des ganzen Körpers verursachen, geprüft.
- 2.) Vier männliche und zwei weibliche gesunde Versuchspersonen im Alter von 20-30 Jahren wurden berücksichtigt.
- 3.) Zur Messung der HWA diene ein ventiliertes System das je nach dem Feuchtegehalt unterschiedliche Infrarotstrahlen absorbiert und an den Differenzwert zwischen zugeführter und abgeführter Luft über einer definierten Hautfläche angibt.
- 4.) Die höchsten Werte an insensibler HWA sind an den Handflächen mit $0,09 - 0,12 \text{ mg} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ zu finden. Rund dreimal bis viermal kleinere Werte ergaben sich an der Stirn und am Handrücken ($0,023 - 0,042$). Die übrigen Regionen (Brust, Bauch, Rücken, Lendengegend, Ober- und Unterarm, Ober- und Unterschenkel) zeigen die geringste HWA mit $0,019 - 0,006$.
- 5.) Untersetzte Personen zeigen eine niedrigere insensible HWA als schlanke.
- 6.) Durch Agaricin wird die insensible HWA in Regionen mit einer normalerweise hohen insensiblen HWA stärker gesenkt als in Regionen mit einer niedrigen insensiblen HWA.
- 7.) Die unterschiedliche Senkung der normalen HWA unter Agaricin deutet auf eine ungleiche Beteiligung von glandulärem und extraglandulärem Anteil in den einzelnen Regionen einer Versuchsperson und in entsprechenden Regionen verschiedener Versuchspersonen hin.
- 8.) Behandlung der Haut mit Alkohol, Aceton und Dimethylsulfoxyd führen zu einer Steigerung der insensiblen HWA.
- 9.) Die Befunde werden im Vergleich mit Literaturangaben diskutiert.

LITERATURVERZEICHNIS

- (1) Stüpel, H. u. A. Szakall:
Die Wirkung von Waschmitteln auf die Haut.
A. Die menschliche Haut. I. Morphologie u. Physiologie.
A. Hühthig Verlag-Heidelberg. S. 261. 1-17, 1957.
- (2) Rein, H.: Physiologie des Menschen.
Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg. S. 765,
222, 266, 1960.
- (3) Weiner, J. S.: The regional distribution of sweating.
From the Medical Research Council Neurological
Research Unit, National Hospital, Queen Square.
32-40, 1944.
- (4) Regelsberger: Erg. inn. Med. 48, 125 (1936). Zit. bei E. Betz:
Die kombinierte qualitative und quantitative Bestim-
mung der lokalen HWA.
Arch. f. Physikal. Therapie 4, 312 (1955).
- (5) Greuer, W., u. Peukert:
Methode zur Messung der Feuchtigkeitsabgabe der
menschlichen Haut durch Widerstandmessung eines
Halbleiters.
Arch. f. Dermat. 179, 410 (1940).
- (6) Schölmerich, P., u. G. Hildebrandt:
Über Probleme der HWA und Methoden ihrer Bestim-
mung.
Zs. exper. Med. 115, 558 (1950).
- (7) Büttner, K.: Diffusion of water vapor through small areas of human
skin in normal environment.
J. appl. Physiol. 14, 269-275 (1959).
- (8) Betz, E.: Hautwasserabgabe und periphere Durchblutung.
Archiv f. Physikal. Therapie. 7. Jahrgang. Heft 4.
Herausgegeben von W. Friedrich, Berlin. (1955).
- (9) Kuno, Yas.: A Laboratory apparatus for the measurement of perspi-
ration in Man. (A Perspiration chamber).
From the Physiol. Laboratory, Manchuria Medical
College, Mukden. - The Journal of Oriental
Medicine 78-79 (1927).

- (10) Heide, E.: Über die Perspiratio insensibilis bei schweißdrüsenlosen Tieren nebst einigen Versuchen am Menschen.
Arch. f. Dermat. 156, 684 (1928).
- (11) Tennent, D.M.: Perspiratio insensibilis bei Ratten.
Amer. J. Physiol. 145, 436 (1946).
- (12) Kaufmann, W., u. A. Lütcke:
Zum Mechanismus der HWA.
Arch. physik. Ther. 7, 394-396 (1955).
- (13) Loewy, A., u. W. Wechselmann:
Zur Physiologie u. Pathologie des Wasserwechsels und der Wärmeregulation seitens des Hautorgans.
Arch. path. Anat. 206, 79 (1911).
- (14) Mayer, J.K.: Untersuchungen über das Mengenverhältnis zwischen sensibler u. insensibler Perspiration.
Arch. f. Dermat. u. Syph. 1-12, 165 (1933).
- (15) Jacobi, O.: Die Nägel des lebenden Menschen u. die Perspiratio insensibilis.
Arch. f. klin. u. experim. Dermat. (1962),
Dermat. Wschr. Heft 52, 559 (1963).
- (16) Moog, O.: Über die Bedeutung der Epidermis für die unmerkliche Hautwasserabgabe.
Z. exper. Med. 54, 226 (1927).
- (17) Mayr, J.K.: Wirkung allgemeiner Antihidrotica.
Virchows Arch. 287, 297 (1933).
- (18) Schölmerich, P. u. G. Hildebrandt:
Über Mechanismus und Regulation der HWA.
Zs. f. die gesamte exper. Med. 117, 17-36, (1951).
- (19) Heerd, E., u. K. Ohara:
Untersuchungen über die Wasserdampfabgabe kleiner Hautflächen beim Menschen.
Pflügers Arch. 276, 32-41 (1962).
- (20) Ikeuchi, K., u. Y. Kuno:
On the regional differences of the Perspiration on the surface of the human body. (From the Physiological Laboratory, Manchury College, Mukden).
The Journal of Oriental Medicine, 7, 106-107 (1927).

- (21) Kligman, A.M.:
The Biology of the Stratum Corneum 387-433.
Angeführt in "The Epidermis" edited by William
Montagna. Academic Press New York and London (1964).
- (22) Thauer, R.: Der insensible Gewichtsverlust.
Pfl. Arch. 258, 58-71 (1953).
- (23) Heerd, E. u. C. Oppermann:
Über jahreszeitliche Schwankungen der Perspiratio
insensibilis der menschlichen Haut.
Bericht über die 28. Tagung der Deutsch. Physiolog.
Gesellschaft (Bad Nauheim/Gießen).
Referat in Pfl. Arch. 278, 92-93, (1963/64).
- (24) Kuno, Y.: Conditions Governing Perspiration and the Ability to
Perspire in Men. From the Physiol. Laboratory,
Manchuria Medical College Mukden,
39-41, (1927).
- (25) a) Moretti, G., R. A. Ellis, and M. Mescon:
Vascular pattern in the skin of the face.
J. Invest. Dermatol. 33, 103-112 (1959).
- (25) b) Moretti, G., N. K. Adachi, H. Mescon, and P. Pochi:
Regional variations of enzymes in human skin.
Unpublished data.
Zit. bei R. A. Ellis. (1963).
- (26) Ellis, R. A. and W. Montagna:
The skin of primates VI. The skin of the gorilla.
Am. J. Phys. Anthropol. 20, 79-94. (1962).
- (27) Marzulli, F.: Barriers to skin penetration.
J. Invest. Dermat. 39, 387 (1962).
- (28) Herrmann, F., P. H. Prose and M. B. Sulzberger:
Studies on the ether-solub. subst. on the human skin.
III. The effect of sweat on the quantity of ether-soluble
substances on the skin.
J. Invest. Dermat. 21, 397. (1953).
- (29) Blank, I. H.: Factors which influence the water content on the stra-
tum corneum. From the Journal of Invest.
Dermat. Printed in U. S. A. 433-440, Vol. 18, (1952).

- (30) Moog, O.: Der Einfluß der Temperatur auf die unmerkliche Hautwasserabgabe.
Zs. Exper. Med. 31, 316 (1923).
- (31) Moog, O.: Neuere Untersuchungen über die Perspiratio insensibilis.
Verh. dtsh. Ges. inn. Med. 38, 299 (1926).
- (32) Webb, P., L.N. Garlington and M.J. Schwarz:
Insensible weight loss at high skin temperatures.
J. app. Physiol. 11, 41-44 (1957).
- (33) Pfleiderer u. Büttner:
Grundlagen der Hautthermometrie.
Verh. dtsh. Ges. inn. Med. 492, (1935).
Leipzig: J.A. Barth (1935).
- (34) Kuno, Y.: The Physiology of human perspiration.
T. and A. Churchill, London. 120-123 (1934).
- (35) Ebbecke:
Zur Physiologie der Haut (Hautgefäße, Schweißdrüsensekretion, elektrisches Verhalten, Kitzel- und Juckempfindungen).
Arch. f. Dermat. 200, 12-23 (1955).
- (36) Marchionini, A. u. H.W. Spier:
Orthologie und Pathologie der Ausscheidung der Haut.
Handbuch der allg. Path. 5, 527-547 (1959).
- (37) Herrmann, F., P.H. Prose and M.B. Sulzberger:
Studies on sweating. IV. New method of assaying sweat-delivery to circumscribed areas on the skin surface.
J. Invest. Dermat. 17, 241 (1951).
- (38) Herrmann, F., P.H. Prose, M.B. Sulzberger, L. Mandol, G. Medoff and L. Roth:
Studies on sweating. V. Studies on quantity and distribution of thermogenic sweat delivery to the skin.
J. Invest. Dermat. 18, 71 (1952).
- (39) Homma, H.: An apocrine sweat gland in white and negro men and women.
Bull. of the Johns Hopkins Hospital XXXVIII, 365, (1926).
- (40) Hartmann und Braun AG:
Gebrauchsanweisung URAS 1 Infrarot-Gasanalysator.
Frankfurt/Main. Meß- und Regeltechnik.

- (41) Brown, V.K., J. Robinson u. D.E. Stevenson:
Über die Toxizität und die Lösungseigenschaften des
Dimethylsulfoxyds.
Aus Shell Research Limited, Tunstall Laboratory,
Sittingbourne, Kent; (1963).
- (42) Rosenkrantz, H., H. Hadidian, H. Seavy, M.M. Mason:
DMSO, seine Steroidlöslichkeit und endokrinologischen
u. pharmakologischen-toxikologischen Charakteristika.
Cancer Chemotherapy Reports, 31, (1963).
- (43) Rosenbaum, E., M.D. Stanley, M. Jacob:
DMSO bei akuten Muskel-Skelett-Verletzungen und
Entzündungen. (1963).
- (44) Hanschild, F.: Pharmakologie u. Grundlagen der Toxikologie.
Pharma. Inst. der Uni. Leipzig.
G.Thieme-Verlag-Leipzig 556-557, S.1106. (1956).
- (45) Møller, K.O.: Pharmakologie (als theoretische Grundlage einer ra-
tionellen Pharmakotherapie). Uni. Kopenhagen.
B. Schwabe-Verlag-Basel/Stuttgart. 383-418 (1961).
- (46) Heerd, E., u. K. Ohara:
Ein Gerät zur ununterbrochenen Messung der Perspiratio
insensibilis kleiner Hautflächen.
Pflüg. Arch. 272, 237-246 (1961).
- (47) Ikeuchi, K., u. Y. Kuno:
On the regional differences of the perspiration on the
surface of the human body.
J. Oriental Med. 7, 67-89 (1927).
- (48) Kerslake, D.M.:
The rate of diffusional water loss through human skin.
J. Physiol. London. 127, 18 (1955).
- (49) Thauer, R. u. G. Zöllner:
Der insensible Gewichtsverlust als Funktion der Umwelt-
bedingungen. Seine Abhängigkeit von dem Wasser-
dampfdruck der Luft im indifferenten Temperaturbe-
reich.
Pflüg. Arch. ges. Physiol. 258, 58-71 (1953).

- (50) Felser, Z. u. S. Rothmann:
The insensible perspiration of the skin in hyperkeratotic condition.
J. Invest. Dermat. 6, 271-278 (1945).
- (51) Mali, J. W. H.: The transport of water through the human epidermis.
J. Invest. Dermat. 27, 451-469 (1956).
- (52) Burch, G. E. u. T. Winsor:
Rate of insensible perspiration (diffusion of water) locally through living and through dead human skin.
Arch. Intern. Med. 74, 437-444 (1944).
- (53) Rosenberg, E. W., H. Blank, u. S. Resnik:
Sweating and water loss through the skin.
J. Am. Med. Assoc. 179, 809 (1962).
- (54) Malkinson, F. D.: Permeability of the Stratum Corneum. Section of Dermat. Uni. of Chicago, Illinois 435-452 (1963).
- (55) Blank, I. H.: Further observations on factors which influence the water content of the stratum corneum.
J. Invest. Dermat. 21, 259 (1953).
- (56) Winsor, T. u. G. E. Burch:
Diffusion of water through dead plantar, palmar and tarsal human skin and through the nails.
Arch. Dermat. Syph. 53, 39 (1946).
- (57) Braus, H.: Anatomie des Menschen; fortgeführt von Elze C.
Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg, 3. Band 104-105 (1960).
- (58) Fricke, W.: +) Methodische Beiträge zur fortlaufenden Messung der perspiratio insensibilis kleiner Hautareale.
(Dissertation im Druck).
- (59) Bundesmann, F.: +)
Messung verschiedener Einflüsse auf die HWA mit Hilfe der Infrarot-Strahlen-Absorption.
(Dissertation im Druck).
- (60) Drexel, H. u. Dirnagl, K.: +)
Experimentelle Ergebnisse zum Wassertransport im Bade.
Arch. f. Physik. Therapie.
VEB Thieme G., Leipzig. 153-159 (1963).

+) Aus dem Balneologischen Institut bei der Universität München, Medizinische und Klimatologische Abteilung. Vorstand Professor H. v. Braunbehrens.

Herrn Dipl.-Phys. Karl Dirnagl und Herrn Dr. med. Heinrich Drexel möchte ich sowohl für die freundliche Überlassung des Themas als auch für die wertvollen Anregungen und die liebenswürdige Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit meinen besten Dank aussprechen. Zu großem Dank verpflichtet bin ich auch Herrn Dipl.-Chem. Pratzel und nicht zuletzt Frau Dr. Wunsch.

LEBENS LAUF

Ich, Kurt Angele, wurde am 13.3.1938 in Arad/Banat als zweites Kind meiner Eltern Dr. med. Josef Angele und Marie-Luise, geb. Breuer, geboren. Ich habe noch fünf Geschwister.

Im Herbst 1944 bin ich mit meinen Eltern infolge des Krieges über Dresden, Biberach an der Riß nach Laupheim geflüchtet.

Im Frühjahr 1959 habe ich am Wielandgymnasium in Biberach an der Riß die Reifeprüfung abgelegt. Am 6. April 1959 wurde ich zur Ableistung meines Wehrdienstes eingezogen.

Mit dem Sommersemester 1960 begann ich in München das Medizinstudium. Hier legte ich am 23.10.1961 die Naturwissenschaftliche Vorprüfung und am 24.10.1963 die ärztliche Vorprüfung ab. Am 14.12.1966 habe ich die ärztliche Prüfung beendet.

Durch eine Exkursion mit dem Balneologischen Institut bei der Universität München wurde mein Interesse für dieses Fachgebiet geweckt.

